

العلوم

الصف الثالث الثانوي

الفرع الأدبي

تأليف

ثريا دركلي
عصام جانو
وحيد الصواف

المطبعة الجديدة ـ دمشق ١٩٦١ ـ ١٩٦٢



العلوم

الصف الثالث الثانوي

الفرع الأدبي

تأليف

ثريا دركلي　　عصام جبانو　　وحيد الصواف

المطبعة الجديدة ـ دمشق ١٩٦١ ـ ١٩٦٢

الوحدة الاولى

العصر الذري

المقدمة

عصر الذرة :

لا شك اننا اليوم على ابواب عصر جديد هو العصر الذري ، الذي يعتمد على الطاقة الذرية ، تلك الطاقة الهائلة الفعالة التي اذا احسن استخدامها حولت الدنيا الى جنة ، واذا أسيء استخدامها حولت الدنيا الى جحيم .

ويقف الانسان اليوم في مفترق الطرق ليقرر مصيره ، فهو المسؤول الاول والاخير عن ذلك ، فعليه ان يختار طريق السعادة والرفاهية ، فيوجه جهوده لاستخدام الطاقة الذرية في تحقيق رفاهية بني جنسه ، او يختار طريق الفناء .

وكم هو جميل ان تتحول الصحاري القفراء الى بساتين خضراء ؟ وان نضع حبة صغيرة من الاورانيوم في منزلك فيسخن هواؤه طول الشتاء ويبرد طول الصيف ، أو أن نضع هذه الحبة في سيارتك فتسير لمدة سنة أو أكثر ؟

كم هو جميل أن يتخلص الانسان من كثير من الامراض الفتاكة التي تجر الآلام والأحزان .

ليس هـذا حلماً ، بل سيصبح حقيقة في يوم قريب ، ولا يتطلب ذلك الا ان يتخلى الانسان عن اطماعه وجشعه ويسعى قليلا لخدمة غيره وتحقيق الرفاهية للآخرين ، فهذا هو طريق السعادة والهناء .

الفصل الأول

١ - لمحة تاريخية :

اول من قال ان الاجسام تتألف من ذرات صغيرة هم فلاسفة اليونان مثل دمقراط وابيقور . وفريق من المعتزلة وعلماء الكلام عند العرب ، الا ان قولهم هذا كان قائماً على أساس من التأمل الفكري ، ولم يكن قائماً على أسس علميـة ونتائج تجريبية ، فقـد تخيل الاقدمون انه لو قسمنا قطعة من المعدن الى قطعتين ، ثم قسمنا احدى القطعتين الى قسمين آخرين وتابعنـا عمليـة التقسيم فلا بد ان نصل في النهـاية الى دقيقـة صغـيرة جـداً من المادة لا يمكن قسمها ، وسموا هذه الدقيقة غير القابلة للانقسام بالذرة « Atom » وحرف A باللغة اليونانية القديمة معناه « لا » وكلمة « tom » معناها ينقسم وعلى هذا فان كلمة « أتوم » معناها لا ينقسم .

وبالرغم من ذلك كان هناك بعض الفلاسفة اليونانيين لا يؤمنون بهذه النظرية ومنهم أرسطو الذي اهتم بـدراسة تركيب المـادة وكان مما قاله ان هناك أربعـة عناصر فقط وهي التراب والهواء والمـاء والنار وهي أسـاس تركيب كل الاجسام الاخرى . ثم جاء فلاسفة العرب فأضافوا الى هذه العناصر الاربعة ، ثلاثة عناصر اخرى هي الكبريت والزئبق والملح .

٢ - انقطاع المادة :

بقيت جميع الفرضيات والنظريات القديمة في تركيب المادة دون مؤيد تجريبي كما أنها لم توضع بطريقة علمية قائمة على الملاحظة والتجربة ، على ان ظواهر فيزيائية عديدة اثبتت ان

المادة ذات بنية منقطعـة وليست مستمرة متصلة ، والمثال التالي يبين لنا الفرق بـين البنية المنقطعة والبنية المستمرة : لننظر الى قطعة من الحديد ، أو من أي مادة اخرى ، ان هذه القطعة تبدو لنا مستمرة متصلة لا يوجد فيها فواصل أو فراغات ولكن اذا أتينا بعلبة فارغة وملأناها بكريات معدنية صغيرة (خرادق) لحصلنا من كتلة معدنية ذات بنية منقطعة تفصل بين عناصرها (الكريات) فراغات وفواصل .

وليست المادة في الطبيعـة في الواقع مستمرة كما تبدو للعين ، اذ أن المشاهدات التالية تؤيد ذلك :

أ ـ اذا وضعنا نقطة حبر في كمية كبيرة من الماء الصافي ، نجد ان الماء بكامله قد تلون بلون الحبر ، وذلك يعني أن الحبر قد انتشر في جميع انحاء الماء الصافي . ولا يمكن ان يحصل هـذا الانتشـار الا اذا انقسم الحـبر وتوزع بشكل دقائق صغـيرة تتـداخل بـين دقائق الماء بصورة متجانسة .

ب ـ اذا وضعنا قطرة من الزيت على سطح ماء هادىء ونظيف تماماً ، لشاهدنا ان القطرة انتشرت وغطت سطحاً كبيراً من الماء ، ويمكن ان يصبح سمك طبقة الزيت صغيراً جداً الا أنه لا يمكن ان يكون اصغر من حد أدنى وذلك عندما تصبح طبقة الزيت مؤلفة من صف واحد من الدقائق العنصرية التي يتألف منهـا الزيت . ولقد امكن بالفعل قيـاس سمك طبقة الزيت في حدها الادنى بواسطة هذه الطريقة ، ومعرفة قطر الدقيقة العنصرية للزيت وقد اجرى « دونو » هذه التجربة بدقة كبيرة ووجد أن هذا القطر من رتبـة ١١ أنغستروم .

(انغستروم = $١٠^{-٤}$ ميكرون = $١٠^{-٧}$ ميليمتر) .

حـ ـ اذا وضعنا غازين مختلفين في تمـاس مع بعضها نجـد بعد مدة انها اختلطا وشكلا مزيجاً متجانساً ، ولا يتم هذا الامر طبعاً الا بتداخل دقائق الغازين فيما بينهـا وتشكيلها ذلك الخليط المتجانس ، وعلى هـــذا النحو يتم انتشار الروائح العطرية وأبخرة السوائل الطيارة في الهواء .

د ـ اذا وضعت اسطوانتان معدنيتان ارتفاع كل منهما بضعة سنتيمترات بعد صقل قاعدتيهما وتطبيق احداهما على الاخرى في فرن درجة حرارته اضعف من درجتي انصهار المعدنين يتبين بعد بضع ساعات ان الاسطوانتين قد التحمتا ، وذلك بتداخل دقائقهما المتجاورة فيما بينها وتماسكها .

هذه المشاهدات وكثير غيرها تثبت بما لا يقبل الجدل ان المادة منقطعة وليست مستمرة .

٣ ـ النظرية الذرية :

لقد استطاع العالم الكيميائي دالتون (١٧٦٦ — ١٨٤٤) بعد ان درس الاتحادات الكيميائية معتمداً على التجارب العلمية المخبرية ان يتوصل الى وضع قانونه المعروف باسمه أو قانون النسب المضاعفة ، وقد أدت به دراسته لقانون النسب المعينة والنسب المضاعفة الى وضع النظرية الذرية فقال : ان العناصر المختلفة تتألف من ذرات لها وزن ثابت يختلف باختلاف العنصر وان ذرة العنصر يمكن ان تتحد مع ذرة اخرى او اكثر من عنصر آخر لتكون مركبات كيميائية .

واستطاعت هذه النظرية ان تفسر جميع قوانين الكيمياء الوزنية مثل قانون حفظ المادة وقانون النسب المعينة وقانون النسب المضاعفة والنسب المتبادلة .

٤ ـ الذرة والجزيء :

ان العلماء جميعاً في عهد دالتون كانوا يتكلمون عن الذرة سواء كانت لعنصر او لمركب فيقولون مثلا ذرة الهيدروجين وهو عنصر ، وذرة الماء وهو جسم مركب ، وكانوا بهذا يخطئون خطأ كبيراً لأن المقصود من الذرة هو الشيء الذي لاينقسم ، مع العلم ان ذرة الماء يمكن تحليلها او تقسيمها الى هيدوجين وأوكسجين :

ولكن العالم الايطالي افوكاردو (١٧٧٦ — ١٨٥٦) استطاع ان يبين ان الاجسام المركبة تتألف من جزئيات وان الجزئيات تتألف من عدد محدودة من ذات العناصر البسيطة ، وبذلك يكون أفوكادرو أول من بين الفرق بين ذرات العناصر وجزيئات الاجسام المركبة :

هذا ولم يعد هناك مجال للشك الآن بأن المادة ذات بنية منقطعة أي انها تتألف من ذرات او جزئيات منفصلة عن بعضها البعض ، وتتجاذب فيما بينها بقوى تختلف شدتها باختلاف حالة الجسم الصلبة او السائلة او الغازية ، وتسمى قوى التجاذب هذه بقوى التماسك اما المسافة بين الجزيئات فهي من رتبة 10^{-6} سم وهي مسافة صغيرة جداً لا يمكن رؤيتها حتى بأقوى المجاهر المعروفة ، ولهذا السبب تبدو المادة في العين المجردة مستمرة ومتصلة .

٥ ـ بنية الذرة :

تبين لنا ان الاجسام المركبة تتألف من جزيئات وان هذه الجزيئات تنشأ من اتحاد الذرات مع بعضها ، فجزيء من الماء ينشأ من اتحـــاد ذرتين من الهيدروجين مع ذرة من الاوكسجين ، أما العناصر فتتألف من ذرات تتشابه فيما بينها من اجل العنصر الواحد ، ويتصف كل منها بجميع صفات العنصر الكيميائية . وتختلف ذرات العنصر الواحد عن ذرات العناصر الاخرى ، فذرات الحديد تختلف من حيث الوزن والحجم والخواص الكيميائية عن ذرات النحاس مثلا ، وان كانت ذرات الحديد متشابهة فيما بينها ، وكذلك ذرات النحاس) وتتحد ذرات العنصر الواحد مع بعضها لتشكل جزيئات من نفس العنصر ، مثلا تتحد ذرتان من الهيدروجين لتشكلا جزيئاً من الهيدروجين ، وعلى هذا يمكن القول ان بعض الاجسام البسيطة او العناصر تتألف من جزيئات ناتجة من اتحاد ذرات متشابهة وان الاجسام المركبة تتألف من جزيئات ناتجة من اتحاد ذرات مختلفة .

ولكن هل الذرات هي دقائق من المادة لا يمكن ان تنقسم وهل هي عبارة عن كتل صغيرة من المادة المتجانسة ؟ اي هل يمكن تشبيه الذرة بكرية صغيرة جداً ممتلئة بالمادة ولا يمكن تجزئتها ؟

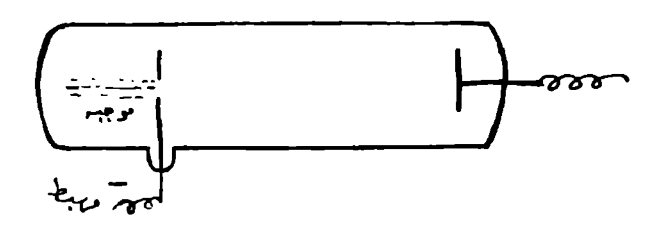
ان الواقع خلاف ذلك ! فالتجارب الحديثة تبين ان الذرة ذات بنية معقدة جداً .

الذرة تحوي شحنات كهربائية :

اثبتت بعض التجارب وجـــود الكهرباء في الذرة ، ومن هـذه التجارب الانفراغ

الكهربائي في الغازات : من المعلوم انه اذا اتينا بانبوب ، ينتهي بسلكين معدنيين ، يؤلفان قطبين ، وفيه غاز مخلخل ضغطه اقل من ٠٠٠١ ميليمتر من الزئبق ، ووصلنا قطبي هذا الانبوب بثانوية وشيعة رومكورف فلاحظ اشعة تنطلق في الانبوب وهي الاشعة المهبطة (ترى بالعين لكن يستدل عليها من آثارها) ، التي تتألف من دقائق مشحونة بالكهرباء السالبة وقد سميت هذه الدقائق بالالكترونات (الكهارب) و تنطلق هذه الالكترونات من ذرات الغاز ومن ذرات المهبط في الانبوب ، اي تنطلق من المادة ، فالمادة اذن تحوي الكهرباء .

وقد لوحظ ايضاً انه اذا فتحنا ثقباً في المهبط في انبوب الاشعة المهبطية تمر منه اشعة تحمل كهرباء موجبة ، وقد سميت بالاشعة الموجبة ، وهي بالفعل ذرات الغاز التي فقدت شحنات سالبة فأصبحت شوارد مشحونة بالكهرباء الموجبة ، وهي تسير بعكس اتجاه سير الاشعة المهبطية .



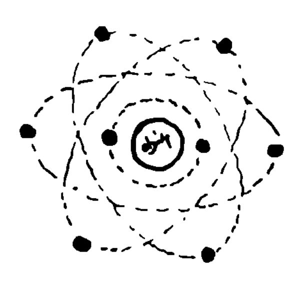
شكل (١)

نستنتج من ذلك ان المادة تحتوي على الكهرباء السالبة والموجبة بآن واحد ، وقد تبين بالاضافة الى ذلك ان الكهرباء السالبة سهلة الانفصال عن المادة على العكس من الكهرباء الموجبة التي تبين انها شديدة الاتصال بالمادة ولا يمكن فصلها عنها بسهولة .

الذرة تحوي دقائق مادية لامتناهية في الدقة :

لقد اثبتت دراسة النشاط الاشعاعي للعناصر المشعة مثل الراديوم ، كما بينت التجارب الفيزيائية الحديثة ان الذرة ليست كتلة واحدة مصمتة من الماء ، بل تتألف من مجموعة من

الدقائق المادية الصغيرة جداً تتجمع في حيز صغير جداً وسط الذرة مشكلة نواة الذرة ، وتدور حول هذه النواة دقائق صغيرة مشحونة بالكهرباء السالبة هي الالكترونات. ويختلف عدد الدقائق المادية وكذلك عدد الالكترونات في الذرة من عنصر آخر . وباعتبار ان الذرة بمجموعها متعادلة الشحنة فذلك يعني ان فيها شحنات موجبة بقدر الشحنات السالبة وبالفعل فان بعض الدقائق المادية في النواة تكون مشحونة بالكهرباء الموجبة بحيث يكون المجموع الجبري للشحنات الموجبة والسالبة صفراً .



شكل -٢-

بنية النواة : البروتون ـ النوترون

تتألف النواة في الذرة من نوعين رئيسيين من الدقائق المادية اللامتناهية في الصغر :

أ ــ البروتونات وهي عبارة عن دقائق مادية صغيرة كل منها مشحون بشحنة كهربائية موجبة تساوي شحنة الالكترون الواحد بالقيمة المطلقة وتخالفها بالاشارة ، ويختلف عدد هذه البروتونات في النواة من ذرة لاخرى باختلاف العنصر .

ب ــ النوترونات : الى جانب البروتونات في النواة توجد دقائق مادية اخرى مشابهة لها تماماً من حيث الوزن والحجم ولكن تختلف عنها بكونها معتدلة كهربائياً ، وتسمى النوترونات . ويختلف عددها في النواة ايضاً باختلاف الذرة من عنصر لآخر .

تحوي نواة الهيدروجين الذي هو أبسط العناصر واخفها بروتوناً واحداً يحمل شحنة عنصرية موجبة لهذا يعتبر البروتون انه نواة الهيدروجين . وتحوي نواة ذرة غاز

الهيليوم بروتونين ونوترونين اي انها مشحونة بشحنتين عنصريتين موجبتين ووزنها اربعة امثال وزن نواة الهيدروجين . وتحوي نواة ذرة معدن الصوديوم كذلك ١١ بروتوناً و١٢ نوتروناً ، فتكون شحنه هذه النواة مساوية الى + ١١ شحنة عنصرية موجبة ، ووزنها ٢٣ مرة (١١ + ١٢) من وزن نواة الهيدروجين . وتحوي نواة ذرة الاكسجين ٨ بروتونات و ٨ نوترونات فتكون بذلك شحنتها + ٨ ووزنها ١٦ مرة من وزن نواة الهيدروجين .

رقم الكتلة ورقم الشحنة :

يدعى عدد البروتونات والنوترونات في النواة برقم الكتلة . وعلى هذا يكون رقم كتلة الهيدروجين ١ ورقم كتلة الهيليوم ٤ ورقم كتلة الاكسجين ١٦ ورقم كتلة الصوديوم ٢٣ وهكذا ، اي . رقم الكتلة = عدد البروتونات + عدد النوترونات واذا اعتبرنا وزن البروتون والنوترون واحـدة الاوزان اي اذا اعتبرنا وزن النوترون او البروتون مساوياً الواحد . يكون رقم الكتلة مساويـاً الوزن الذري للعنصر ذلك لان الالكترونات في الذرة مهملة الوزن في الواقع ، فالبروتون او النوترون يزن ١٨٥٠ مرة من وزن الالكترون لذلك يجوز اهمال وزن الالكترونات في الذرة واعتبار وزن النواة مساوياً لوزن الذرة . ويمكن ان تكتب ان رقم الكتلة = الوزن الذري للعنصر عددياً .

ويدعى عدد الشحنات العنصرية الموجبة في النواة برقم الشحنة ، ويساوي هذا الرقم طبعاً عـدد البروتونات في النواة لانها هي التي تحمل الشحنات العنصريـة الموجبة ، فرقم الشحنة للهيدروجين + ١ ورقم الشحنة للاوكسجين + ٨ ورقم الشحنة للصوديوم + ١١ وللهيليوم + ٢ .

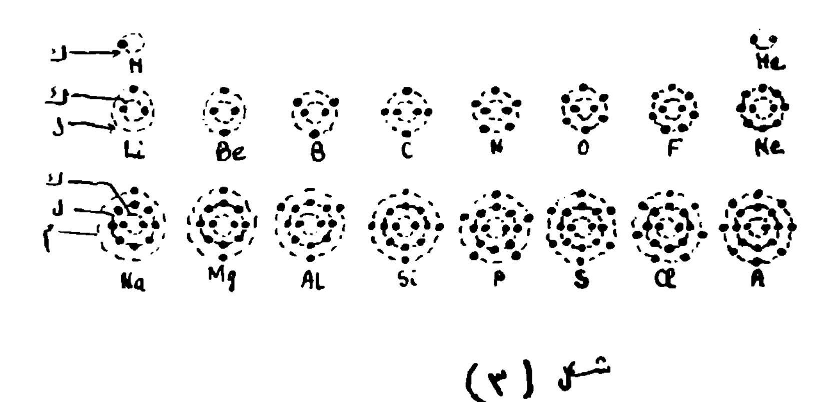
وباعتبار ان رقم الشحنة للعنصر يساوي عدد البروتونات في نواة ذرة من هذا العنصر فيمكننا حساب عدد النوترونات اذا علمنا رقم الكتلة لهذا العنصر ورقم شحنته .

توزع الالكترونات في الذرة :

ان مجموع عدد الالكترونات في الذرة يساوي عـدد البروتونات (او رقم الشحنة)

ولهـذا السبب تكون الذرة معتدلة بمجموعها من الناحية الكهربائية . وتدور هـذه الالكترونات في الذرة حول النواة على مدارات اهليلجية الشكل تتوزع على طبقات متباعدة عن بعضها البعض وتحيط جميعها بالنواة . ويوجد في كل طبقة من هذه الطبقات الالكترونية عدد من الالكترونات يختلف باختلاف الطبقة الواحدة وباختلاف العنصر ، وتسمى الطبقة الالكترونيـة الاولى الاقرب الى النواة ك ورقمها ١ ولا تتسع هـذه الطبقة بصورة عامة في جميع ذارت العناصر الا الكترونين فقط . وتسمى الطبقة التي تليها ابتداء من النواة الطبقة ل ورقمها ١ ، ولا تتسع بصورة عامة الا الى ثمانية الكترونات على الاكثر والطبقة الثالثة التي تليها هي الطبقة م ورقمها ٣ ولا تتسع الا الى ٨ الكترونا، وبصورة عامة: اذا كان رقم الطبقة الالكترونية في الذرة هو ن يكون الحد الاكبر لعدد الالكترونات التي تستوعبها هذه الطبقة هو ن٢ . ولكن ليس من الضروري ان تحوي الطبقة الحـد الاعظم الذي تستوعبه من الالكترونات ، بل ربما كان فيها عدد اقل من ٢ ن٢ .

امثلة : ان ذرة الهيدروجين لاتحوي سوى الطبقة الاولى ك التي يوجد عليها الكترون واحد فقط بينما ذرة الهيليوم تحوي الطبقة الاولى ك ايضاً ويوجد عليها الكترونان ، اي ان هذه الطبقة مشبعة بالالكترونات في ذرة الهيليوم وغير مشبعة في ذرة الهيدروجين .



شكل (٣)

واذا نظرنا الى ذرة الليتيوم Li نجد طبقتين الاولى ك والثانية ل . ويوجد على الاولى الكترونان بينما يوجد على الثانية الكترون واحد ، اي ان الطبقة ل في الليتيوم ليست مكتملة التكوين ، ومجموع عدد الالكترونات في الليتيوم ثلاثة .

ويزداد عدد الالكترونات في الذرة بمقدار الكترون واحد من عنصر الى الذي يليه في الوزن الذري من العناصر الطبيعية ، واذا انتقلنا مثلاً الى ذرة الصوديوم نجد فيها الطبقات الثلاثة الاولى ك،ل،م حيث يوجد على الطبقة ك الكترونان وعلى الطبقة ل ثمانية الكترونات وبذلك تكون هاتان الطبقتان مشبعتين ، ويوجد على الطبقة الاخيرة م الكترون واحد ، ويكون مجموع الالكترونات في ذرة الصوديوم ١١ الكترون . وهكذا كلما ازداد وزن الذرة ازداد عدد الطبقات الالكترونية فيها وكذلك عدد الالكترونات (وازداد عدد البروتونات في النواة ايضاً) .

تشبيه بالنظام الشمسي :

يمكن تشبيه بنية الذرة بتكوين المجموعة الشمسية التي تتألف من الشمس ومن الكواكب السيارة فالالكترونات تشبه الكواكب السيارة التي تدور على مسارات اهليلجية متباعدة عن بعضها البعض وتحيط جميعها بالشمس التي تشبه النواة في الذرة ، حيث تحتل الشمس المحرق المشترك لمسارات الكواكب كما تحتل النواة في الذرة محرق مسارات الالكترونات .

اضف الى ذلك ان المسافات بين الكواكب السيارة وبين الشمس كبيرة جدا اذا قيست بالنسبة لانصاف اقطار الكواكب السيارة نفسها ، والامر نفسه بالنسبة للذرة فالالكترونات تسير على مسافات بعيدة عن النواة اذا قيست بالنسبة لنصف قطر النواة نفسها او نصف قطر الالكترونات اذا اعتبرنا كلا منها بشكل كرية صغيرة جداً .

الطبقة الالكترونية السطحية :

اذا نظرنا الى الطبقة الالكترونية السطحية في ذرة اي عنصر من العناصر نجد ان هذه الطبقة تحوي ثمانية الكترونات على الاكثر مهما كان رقم هذه الطبقة ، فالطبقة السطحية

في ذرة الفحم مثلا وهي الطبقة ل تحوي اربعة الكترونات فقط ، والطبقة السطحية في ذرة الصوديوم ، وهي الطبقة م تحوي الكترونا واحدا . والطبقة السطحية في ذرة الاورانيوم الحاوية على سبع طبقات الكترونية لا تضم سوى الكترونين . الخ . الى جانب ذلك نجد بعض العناصر تحوي ذراتها في طبقاتها السطحية (الاخيرة) ثمانية الكترونات، وهي عناصر محدودة العدد مثل النيون والآرغون . واذا فحصنا ذرات سائر العناصر الاخرى نجد ان الحد الاعلى لعدد الالكترونات في الطبقة السطحية هو ثمانية فقط ، فالطبقة السطحية اذن تشذ عن قاعدة (٢ن٢) مهما كان رقمها ن .

حالة خاصة : وباعتبار ان الطبقة الاولى ك لا تتسع لاكثر من الكترونين كحد اعلى لذلك اذا كانت هذه الطبقة هي الطبقة السطحية ، اي لا يوجد غيرها ، فتكون مشبعة وتامة التكوين اذا وجد فيها الكترونان لا ثمانية ، كما هي الحالة في الهيليوم .

٦ ـ الالكترونات السطحية والخواص الكيميائية للعنصر :

هنالك صلة وثيقة بين عـدد الالكترونات السطحيـة في ذرة العنصر وبين الخواص الكيميائية لهذا العنصر ، والملاحظات التالية توضح ذلك .

لننظر في توزيع الالكترونات في ذرات بعض العناصر المتشابهة في خواصها الكيميائية كطائفة المعادن القلوية مثلا : الليتيوم ، الصوديوم ، البوتاسيوم فنجد ان الطبقة السطحية في ذرة كل منها تحوي الكترونا واحداً فقط .

واذ نظرنا ايضاً في تكوين ذرات عناصر فئة الهالوجينات مثل الفلور والكلور والبروم واليود المتشابهة في خواصها الكيميائية نجد ايضاً أن الطبقة السطحية في ذرة كل منها تحوي سبعة الكترونات ولننظر ايضاً في الطبقة السطحية لذرة كل من الاوكسجين والكبريت والسيلينيوم المتشابهة في خواصها الكيميائية فنجدها تضم الكترونين .

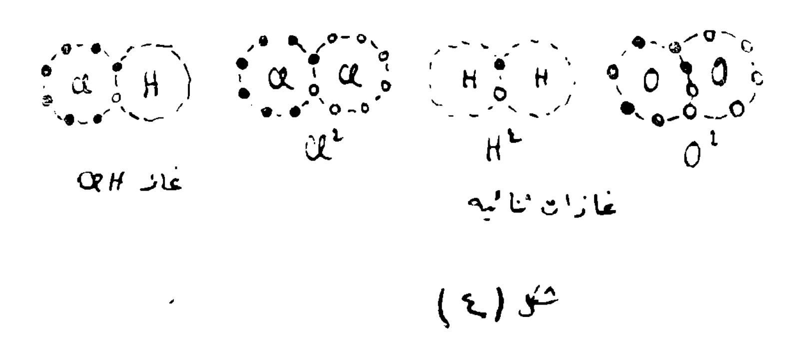
وبصورة عامة نجد ان ذرات العناصر المتشابهة في خواصها الكيميائية تحوي في طبقاتها السطحية نفس العدد من الالكترونات .

وبالاضافة الى ذلك نلاحظ ان ذرات العناصر الخاملة كيميائياً كالأرغون والنيون

تحوي في طبقاتها الخارجية (او السطحية ثمانيـة الـكترونات ، فنستدل من ذلك ان الرقم ٨ لعدد الالـكترونات السطحية يمثل حالة الاستقرار الـكيميائي للعناصر .

الالفة الكيميائية والروابط :

تحدد الالـكترونات السطحية ايضاً الالفة الكيميائية بين العناصر ، فالكلور مثلاشديد الالفة الـكيميائية بالهيدروجين وذلك يعني ان هناك ميلا شديداً لحصول اتحاد عن طريق تفاعل كيميائي بين هذين العنصرين ، واذا نظرنا الى ذرات هذين العنصرين نجد ان الهيدروجين يحوي الكترونا واحداً والكلور يحوي سبعة الكترونات سطحية ، ولما كان الرقم ٨ يمثل حالة الاستقرار الـكيميائي بصورة عامة ، لذا تتشارك ذرتا الكلور والهيدروجين في الكترونانها السطحية ولضمان زوجا من الالـكترونات في الشركة بينهما احدهما من ذرة الهيدروجين والآخر من ذرة الكلور ، بذلك تصبح الطبقة السطحيه في ذرة الهيدروجين مشبعة بالـكترونين والطبقة السطحية في ذرة الكلور مشبعة بثمانية الـكترونات وبهذا الشكل يتـكون غاز كلور الهيدروجين .



شكل (٤)

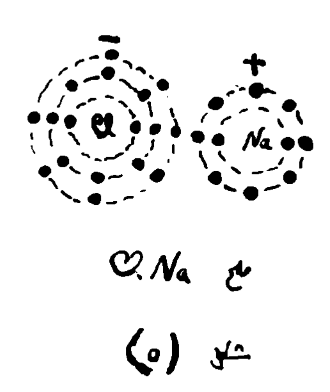
والروابط الـكيميائية بين الذرات التي من هذا النوع تسمى الروابط المشتركة أو المتساندة ، وهي تفسر لنا ارتباط ذرتين من نفس العنصر لتشكيل جزيء منه مثل Ci_2 . H_2 . O_2 . . . في جزيء الكلور تضع كل ذرة الـكترونا من الـكتروناتهـا

السطحية في الشراكة مع الذرة الاخرى ويصبح بذلك عدد الالكترونات السطحية في كل ذرة ثمانية .

أما في جزيء الاوكسجين الذي يتألف من اتحاد ذرتين ، فتقدم كل ذرة الكترونين سطحيين مشتركين .

هناك نوع آخر من الروابط الكيميائية تتحول فيه الذرات الداخلة في التفاعل الى شوارد .

مثال : ان ذرة الصوديوم تحوي في طبقتها السطحية م الكتروناً واحداً لذلك تتخلى عن هذا الالكترون السطحي بسهولة ولصبح طبقتها السطحية هي الطبقة ل وفيها ثمانية الكترونات وبذلك يتحول الصوديوم الى شاردة (أي ذرة مشحونة بالكهرباء) مستقرة ذات شحنة موجبة ، فاذا اتحد الصوديوم مع الكلور تأخذ ذرة الكلور الالكترون من ذرة الصوديوم وتضمه الي طبقتها السطحية الحاوية على سبعة الكترونات فيصبح عددها ثمانية وتتحول بذلك الى شاردة سالبة مستقرة ، ويتم الارتباط بين شاردة الصوديوم وشاردة الكلور بواسطة التجاذب الكهربائي بسبب اختلاف شحنتيها الكهربائيتين ، وعلى هذا الشكل تتكون بلورات كلور الصوديوم التي تتألف من شوارد الصوديوم وشوارد الكلور المتجاذبة فيما بينها :



ملح Cl Na

شكل (٥)

والروابط الكيميائية من هذا النوع تسمى الروابط الايونية او التشردية .

القيمة الاتحادية :

نلاحظ ايضاً ان عدد الالكترونات التي تجلبها ذرة عنصر ما الى طبقتها السطحية او تتخلى عنها الى ذرة عنصر آخر كي يصبح عدد الالكترونات السطحية ثمانية في الروابط الايونية ، وكذلك عدد ازواج الالكترونات المشتركة بين الذرات في الروابط المشتركة أو المتساندة يساوي القيمة الاتحادية للعنصر الداخل في الاتحاد. فالقيمة الاتحادية للهيدروجين ١ وكذلك للكلور والصوديوم ، والقيمة الاتحادية للاوكسجين ٢ .. وهكذا .

٧ - النظائر :

ان معظم العناصر التي ندعوها بسيطة مثل غاز الكلور وغاز الهيدروجين وغاز الاوكسجين ومعدن الاورانيوم وغيرها ، كل منها في الواقع مزيج من عنصرين او عدة عناصر متماثلة في خواصها الكيميائية تماماً ولا تختلف عن بعضها الا في اوزانها الذرية ، فغاز الكلور مثلا هو مزيج من غازين لهما نفس الخواص الكيميائية ، الا ان الوزن الذري للاول هو ٣٥ والوزن الذري للثاني ٣٧ ويسمى الاول النظير ٣٥ للكلور ، والثاني النظير ٣٧ ، ويشكل مزيجها غاز الكلور الطبيعي ذا الوزن الذري ٣٥,٥ [وليس ٣٦ لان نسبة النظير ٣٥ في المزيج اكبر من نسبة النظير ٣٧] .

وغاز الهيدروجين هو مزيج من ثلاثة نظائر الاول هو الهيدروجين الخفيف ذو الوزن الذري ١ والثاني هو الهيدروجين الثقيل الذي وزنه الذري ٢ ويسمى الدوتيريوم ويرمز له بالحرف D والثالث هو الهيدروجين الاثقل ووزنه ٣ ويسمى تريتيوم ، ويؤلف الهيدروجين الخفيف القسم الاعظم من الهيدروجين الطبيعي (الذي وزنه الذري ١,٠٠٨) .

ويوجد كذلك للاوكسجين ثلاثة نظائر ، النظير ١٦ وهو الاوكسجين العادي الذي وزنه الذري ١٦ ، والنظير ١٧ ، والنظير ١٨ ، وكذلك الامر بالنسبة لاكثر العناصر الكيميائية فكل عنصر منها له نظيران او اكثر .

ولم تكتشف هذه النظائر الا مؤخراً وسبب ذلك هو تماثل الخواص الكيميائية لنظائر العنصر الواحد ، لذا كان من الصعب فصل هذه النظائر عن بعضها البعض بالطرق الكيميائية العادية ، ويعول اليوم في فصلها عن بعضها على الاغلب على الطرق الفيزيائية ، مثل الانصهار

الجزأ او التقطير الجزأ او باستخدام حقل مغناطيسي او كهربائي ... الخ لان هناك بعض التباين في الخواص الفيزيائية للنظائر .

بنية النظائر :

ان ذرات نظائر العنصر الواحد تحوي نفس العدد من الالكترونات ، لهذا السبب تماثل النظائر بالخواص الكيميائية ، فذرة كل من الهيدروجين الخفيف والثقيل والاثقل تحوي الكتروناً واحداً ، بينما نجد هذه الذرات تختلف عن بعضها البعض من حيث عدد النوترونات الموجودة في كل منها ، فنواة الهيدروجين الخفيف لا يوجد فيها نوترونات. ونواة الهيدروجين D فيها نوترون (الى جانب البروتون) ونواة الهيدروجين ٣ فيها نوترونان ، اما عدد البروتونات في النواة فهو يساوي دائماً ، كما وجدنا عدد الالكترونات في الذرة ، لذلك لا يختلف هذا العدد من نظير لآخر من نظائر العنصر الواحد ، ومن هذا نجد في نواة كل من نظائر الهيدروجين الثلاثة بروتوناً واحداً .

ونجد في نواة الاوكسجين ١٦ ثمانية بروتونات [وهذا يساوي عدد الالكترونات في ذرة الاوكسجين] وثمانية نوترونات ، بينما نجد في نواة النظير ١٧ للاوكسجين ثمانية بروتونات ايضاً وتسعة نوترونات ، اما نواة النظير ١٨ فتضم ثمانية بروتونات مع عشرة نوترونات .

ونجد كذلك في نواة نظير الكلور ٣٥ سبعة عشر بروتونا [وهذا العدد يساوي عدد الالكترونات في ذرة الكلور] وثمانية عشر نوترونا ، بينما نواة نظير الكلور ٣٧ تحوي سبعة عشر بروتونا ايضاً و ٢٠ نوترونا .

والخلاصة : ان ذرات نظائر العنصر الواحد تختلف فيما بينها فقط بعدد النوترونات الموجودة في نواها وبالتالي تختلف بأوزانها الذرية ، اما عدد البروتونات في النواة المساوي لعدد الالكترونات في الذرة فهو واحد لا يتغير من نظير لآخر من نظائر العنصر الواحد.

الفصل الثاني

النشاط الاشعاعي

٨ ـ اكتشاف النشاط الاشعاعي

اراد العالم هنري بيكريل سنة ١٨٩٦ ان يدرس الاشعاعات التي تصدر عن بعض العناصر التي تتوهج اذا تعرضت لاشعة الشمس ، وان يكشف عن طبيعة هذه الاشعاعات ويرى هل تشبه الاشعة السينية التي اكتشفها رونتجن قبل بضع سنوات . لهذا اخذلوحة تصوير حساسة وغلفها بورقة سوداء عاتمة ، ثم وضع صليباً معدنياً على هذه اللوحة المغلفة ونثر ملحاً من املاح معدن الاورانيوم على الصليب وعلى باقي الورقة السوداء ، وعرض هذه المجموعة لاشعة الشمس ، وبعد فترة من الزمن حمض لوحة التصوير فظهرت عليها صورة الصليب ، وتوصل بنتيجة ذلك الى ان ملح الاورانيوم اذا توهج بتأثير اشعة الشمس بعث اشعاعات تستطيع ان تخترق الورقة العاتمة السوداء ولكنها لا تستطيع ان تخترق معدن الصليب الذي ظهر ظله على الورقة الحساسة .

ثم اراد بيكريل في يوم آخر ان يعيد نفس التجربة ، غير ان السحب كانت تحجب الشمس خلال النهار ، فلم يستطع تعريض الملح لاشعتها ، ولكنه وضع مجموعته في احد ادراج مكتبه بعد ان وضع ملح الاورانيوم عن طريق الصدفة فوق الصليب وفوق بقية الورقة السوداء التي تغلف لوحة التصوير . وبعد بضعة اسابيع وجد بيكريل مجموعته بعد ان نسيها في الدرج ، فخطر له ان يحمض اللوحة ليتثبت انه اذا اعاد التجربة بدون تعريض الملح

لاشعة الشمس فان صورة الصليب لا تظهر ، ولكنه لشد ما كانت دهشته عظيمة عندما وجد صورة الصليب واضحة على لوحة التصوير .

استنتج بيكريل من هذه الملاحظة ان ملح الاورانيوم يصدر اشعة بصورة مستمرة سواء أعرض لاشعة الشمس ام لم يعرض ، اي ان اشعة الشمس لا علاقة لها باصـــدار الاشعـة .

هذا وقد تابعت مدام كوري مع زوجها الدراسات التي بدأها بيكريل وتبين لها ان هناك مواد اخرى تصدر اشعاعات من تلقاء نفسها مثل املاح الاورانيوم ، ومن هذه المواد املاح التوريوم ، وقد تبين لها ايضاً ان الفلز الذي يستخرج منه الاورانيوم والمسمى (بيك بلاند) يصدر اشعاعات أشد من الاشعاعات التي يصدرها عنصر الاورانيوم النقي نفسه ، وقد اتضح فيما بعد ان فلز الاورانيوم الخام هذا يحوي عناصر مشعة اخرى غير الاورانيوم ، وقد وجدت مدام كوري وزوجها بعد تحريات كبيرة وشاقة ان فلز الاورانيوم (بيك لاند) يحوي عنصراً تفوق شدة اشعاعه بمقدار ٢٫٥ مليون مرة شدة اشعاع الاورانيوم النقي ، وسميا هذا العنصر الراديوم (المشع) ، ولهذا العنصر الى جانب خاصة الاشعاع الشديد خواص اخرى اذهلت العلماء حينذاك فقد توهجت مواد كثيرة عندما قربت منه ، كما كانت له قوة كبيرة على قتل البكتريا والميكروبات .

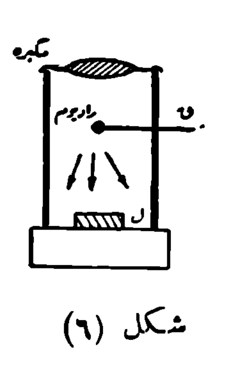
وتوالت بعد ذلك التحريات العلمية في هذا الصدد وازدادت قائمة العناصر المشعة المكتشفة كما توضحت طبيعة الاشعاعات الصادرة عنها .

٩ ـ خواص اشعاعات العناصر المشعة الطبيعية :

تتصف الاشعاعات الصادرة عن العناصر المشعة الطبيعية مثل الاورانيوم والراديوم والتوريوم والبولونيوم وغيرها بصفات فيزيائية وكيميائية متشابهة نذكر منها :

أ ـــ التألق : اذ جعلنا الاشعة الصادرة عن مادة مشعة تسقط على حاجز قابل للتألق مطلي بكبريت التوتياء مثلا على ان تكون المسافة بين المادة المشعة والحاجز صغيرة ، نرى بواسطة مكبرة تألقات بشكل ومضات متتابعة تحصل على الحاجز في مكان اصطدام الاشعاعات فيه ، وتستخدم خاصة التألق هذه للكشف عن الاشعاعات .

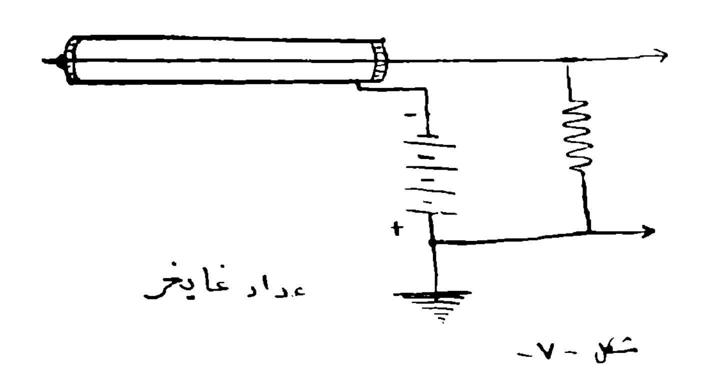
ب » التصوير : تؤثر الاشعاعات الصادرة عن المواد المشعة على لوحات التصوير ، وتستخدم عادة في دراسة هذه الاشعاعات لوحات تصوير مصنوعة خصيصاً لهذه الغاية، وتمتاز هذه اللوحات بان حبيبات برومور الفضة فيها دقيقة للغاية ، فاذا اخترقت الاشعاعات مثل هذه اللوحات تركت آثاراً بشكل خطوط منقطة سوداء تبدو بالمجهر بوضوح ، وقد قدمت دراسة هذه الخطوط معلومات كثيرة عن طبيعة الاشعاعات وخواصها .



شكل (٦)

جـ - التأين : تستطيع هذه الاشعاعات ، اذا مرت في غاز ما ، ان تشطر بعض ذراته الى ايونات او شوارد موجبة واخرى سالبة (وتسمى هذه الحادثة تأين الغازات بواسطة الاشعاعات) ، ويستفاد من هذة الخاصة للكشف عن الاشعاعات من جهة ولقياس شدتها من جهة اخرى على الطريقة التالية :

يوضع غاز مخلخل في اسطوانة معدنية يمر من محورها سلك مشدود ، وتغلق هذه الاسطوانة من جانبها بعازل حتى لا يلامس السلك جدار الاسطوانة ، ويوصل هذا السلك الى القطب الموجب لنابعة كهربائية مناسبة ، ويوصل جدار الاسطوانة بالقطب الآخر ، فينشأ بذلك فرق في الكمون الكهربائي بين السلك والاسطوانة (مكثفة كهربائية) .



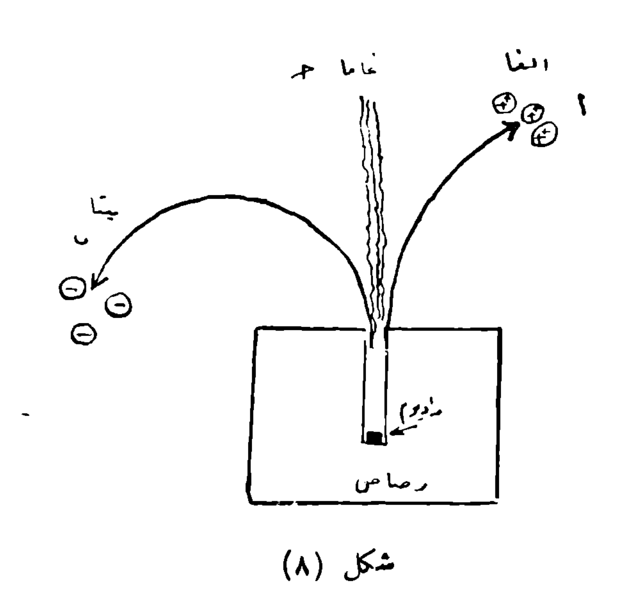
شكل - ٧ -

فاذا سلطنا الاشعاعات على هذه الاسطوانة فانها تخرق جدارها وتصطدم بذرات الغاز

فيها وتؤينه . اما الشوارد المتشكلة او الايونات فتحرك تحت تأثير فرق الـكمون الكهربائي باتجاهين متعاكسين . الشوارد السالبة تتوجه نحو السلك والشوارد الموجبة تتوجه نحو جدار الاسطوانة ويمر حينئذ تيار كهربائي يكشف عن الاشعاعات الداخلة الى الاسطوانة، وتتم هذه الامور بسرعة كبيرة . واذا كان ورود الاشعة يحصل بشكل متقطع فان التيار الكهربائي المار في الداره يكون بشكل نبضات كهربائية ، ويصلح الجهاز حينئذ لان يكون عداداً للاشعة وهذا هو المبدأ عداد غايغر .

د ـ طبيعة هذه الاشعاعات : لنأت بكمية صغيرة من املاح الراديوم (حوالي ميليغرام) ولنضعها في حفرة عميقة محفورة ضمن كتلة كبيرة من الرصاص فتطلق من هذه الحفرة حينئذ حزمة متوازية من الاشعة يمكن كشفها بوضع لوح قابل للتألق امامها .

اذا اخضعنا هذه الحزمة من الاشعة الى ساحة مغناطيسية شديدة بصورة يكون معها اتجاه الساحة عمودياً على سير الحزمة لشاهدناها تنفصل الى ثلاث حزم :



شكل (٨)

١ ـ الحزمة الاولى تنحرف قليلا عن اتجاه سير الحزمة الاصلي .
٢ ـ الحزمة الثانية تنحرف بشدة الى الجهة المعاكسة لجهة انحراف الاولى .

٣ ـ الحزمة الثالثة لا تتأثر بالساحة المغناطيسية بل تبقى سائرة في نفس الاتجاه الاصلي للاشعة وقد تبين من معرفة الجهة التي تنحرف اليها الحزمة الاولى والثانية بالنسبة لاتجاه الساحة المغناطيسية ان الحزمة الاولى ذات الانحراف الضعيف تحمل شحنات كهربائية موجبة بينما الحزمة الثانية تحمل شحنات كهربائية سالبة (لذلك تنحرف الى الجهة المعاكسة للاولى) اما الحزمة الثالثة فلا تحمل اية شحنة كهربائية لذلك لم تتأثر بالساحة المغناطيسية.

هكذا نستنتج ان الاشعاعات الصادرة عن العناصر المشعة ليست اشعاعات بسيطة وانما هي اشعاعات مركبة تتألف من ثلاثة انواع من الاشعاعات : اشعة موجبة تحمل شحنات كهربائية موجبة وقد سميت بأشعة ألفا (أ) ، وأشعة سالبة تحمل شحنات كهربائية سالبة وسميت اشعة بيتا (ب) ، واشعة لا تحمل اية شحنة وسميت أشعة غاما (ح) .

أشعة الفا (أ) : لقد بينت الدراسات العديدة ان اشعة الفا تتألف من نوى ذرات غاز الهيليوم ، وهذه النوى تسمى عادة دقائق ألفا ، وكل دقيقة منها تحمل شحنتين عنصريتين موجبتين أي تحمل شحنة تساوي ضعف شحنة الالكترون بالقيمة المطلقة وتخالفها بالاشارة وتتألف كل دقيقة من دقائق الفا في الواقع من بروتونين يحملان الشحنتين الكهربائيتين ومن نوترونين معتدلين وهذا هو تركيب نواة ذرة الهيليوم ، هذا وان دقائق الفا هي التي تسبب تشرد الغازات بشدة ، فعندما تصطدم بذرة ما فانها تقتلع منها بعض الالكترونات وتحولها الى شاردة واحياناً تخترق الذرة وتصل الى النواة وتصدمها وتحطمها وتغير تركيبها وأول من استخدم هذه الخاصة من خواص اشعة الفا هو العالم رذر فورد .

أشعة بيتا (ب) : ليست اشعة بيتا في الواقع الا حزمة من الالكترونات ذات الشحنات السالبة وهي اقل قدرة على التشرد من اشعة الفا لان الآلكترونات اخف وزنا من دقائق الفا ، ولكنها أشد نفوذاً في المادة من أشعة الفا ، فتستطيع أشعة بيتا في بعض الحالات ان تنفذ من صفيحة معدنية سمكها ١ مم .

ويجب ان نلاحظ انه كلما كانت قدرة الاشعة على تشريد المادة كبيرة كلما كانت الاشعة قليلة النفوذ وسبب ذلك أنها تصطدم بذرات المادة وتشردها وتتباطأ سرعتها من جراء ذلك وتقف ضمن المادة ، بينما الاشعة النفوذة لا تصطدم كثيراً بذرات المادة التي تخترقها فتكون قدرتها على التشريد ضعيفة .

أشعة غاما (~) : ان طبيعة اشعة غاما تشبه طبيعة الاشعة السينية والاشعة الضوئية العادية فهي من طبيعة كهربائية مغناطيسية أو كهرطيسية ولا تحمل اية شحنة كهربائية .

١٠ الفائدة من دراسة هذه الاشعاعات :

ان دراسة النشاط الاشعاعي وطبيعة الاشعاعات المنبعثة من المواد المشعة الطبيعية وخواصها كشفت اسرار المادة او الكثير منها ، والقت النور على تركيب الذرة وبينت ان الذرة بناء معقد يحوي الالكترونات والبروتونات كما وجدنا .

وقد فتحت هذه الدراسة آفاقا جديدة في العلم ووجهت الانظار الى امكانية تحطيم الذرة التي كانت تعتبر غير قابلة للانقسام . ولا نكون اخطأنا اذا قلنا ان دراسة النشاط الاشعاعي هي قاعدة عصر الذرة الحديث .

الفصل الثالث

تحول المادة

١١ – التحول الطبيعي :

رأينا ان العناصر المشعة مثل الراديوم والاورانيوم والبولونيوم تصدر اشعاعات فيها الكترونات ودقائق الفا التي هي نوى ذرات الهيليوم حيث تتألف كل دقيقة منها من بروتونين ونوترونين . ان هذه الدقائق على اختلافها لا شك تصدر عن ذرات الجسم المشع ، ولكن ما الذي يحصل لهذه الذرات بعد ان تقذف هذه الدقائق ؟ ان عدد النوترونات والبروترنات ينقص في نواة الذرة المشعة ، وينقص كذلك عدد الالكترونات . ومن المعلوم ان العناصر الكيميائية لا تختلف عن بعضها الا بعدد النوترونات والبروتونات التي تكون نوى ذراتها وكذلك تختلف بعدد الالكترونات الموجودة حول النواة وهذا العدد يساوي كما رأينا عدد البروتونات في نواة نفس الذرة . فيكفي اذن ان يتغير عدد البروتونات والنوترونات في النواة حتى يتحول العنصر الى عنصر آخر . وبالفعل هذا ما يحصل للعناصر المشعة ، اذ تتحول بعد الاشعاع الى عناصر اخرى ، فالراديوم المشع مثلا يتحول بعد الاشعاع الى عنصر الرادون وذلك بعد ان يطلق الراديوم اشعة الفا وبيتا وغاما . اما البولونيوم المشع فانه يتحول الى الرصاص . ويصدف ان يتحول العنصر المشع احياناً الى عنصر مشع آخر الذي لا يلبث بدوره ان يتحول الى عنصر آخر . وينتهي الامر بظهور عنصر مستقر لا اشعاع له .

التفاعلات النووية الطبيعية :

ان هذه التبدلات والتحولات التي تطرأ على العناصر المشعة من جراء الاشعاع تنتاب النواة لذلك تسمى بالتفاعلات النووية ، ولاجل تمثيل هذه التفاعلات او التبدلات بشكل رموز ومعادلات يرمز الى العنصر عادة بنفس رمزه الكيميائي ويكتب الى جانبه رقمان : الاول الى الاسفل وهو رقم الشحنة اي عدد الشحنات الموجبة في النواة وهذا يساوي عدد البروتونات كما رأينا ، والثاني يكتب الى الاعلى وهو رقم الكتلة ويساوي مجموع عدد البروتونات والنوترونات في النواة ، وعلى هـذا يرمز الى ذرة الراديوم بالرمز $^{٢٢٦}_{٨٨}Ra$ وهذا يعني ان نواة ذرة الراديوم تحوي ٨٨ بروتوناً و ٢٢٦ بروتوناً ونوتروناً ، فيكون عدد النوترونات مساوياً الى ٢٢٦ - ٨٨=١٣٨ نوتروباً .

ويرمز الى ذرة البولونيوم المشع بالرمز $^{٢١٠}_{٨٤}Po$ وهذا يعني ان ذرة البولونيوم تحوي ٨٤ بروتونا و ٢١٠ بروتون ونوترون ، ويرمز أيضاً الى نواة ذرة الهيليوم (دقيقة الفا) بالرمز $^{٤}_{٢}He$ وهكذا .

وعندما تطلق الذرة المشعة دقيقة الفا التي رقم كتلتها ٤ ورقم شحنتها ٢ فان رقم كتلة الذرة المشعة ينقص بمقدار ٤ (بروتونان ونوترونان) ورقم الشحنة ينقص بمقدار ٢ (شحنتان موجبتان) ويتحول بذلك العنصر المشع الى عنصر آخر .

امثلة : يطلق الراديوم $^{٢٢٦}_{٨٨}Ra$ دقيقة الفا $^{٤}_{٢}He$ ويتحول بذلك الى عنصر رقم كتلته ٢٢٢ ورقم شحنته ٨٦ وهذا العنصر هو الرادون Rn ويكتب هذا التفاعل النووي على الشكل التالي :

$$^{٢٢٦}_{٨٨}Ra \longrightarrow {}^{٢٢٢}_{٨٦}Rn + {}^{٤}_{٢}He$$

ويتحول البولونيوم المشع كذلك الى عنصر آخر هو الرصاص بعد ان يطلق اشعة الفا وفقاً للتفاعل النووي التالي :

$$ {}^{٢١٠}_{٨٤}po \longrightarrow {}^{٢٠٦}_{٨٢}pb + {}^{٤}_{٢}He $$

ان هذا النموذج من التفاعلات النووية يسمى نموذج الفا لانه يمثل آلية انطلاق اشعة الفا من العناصر المشعة .

نموذج آخر من التفاعلات النووية الطبيعية :

يتحول النوترون المتعادل الشحنة الى البروتون ذي شحنة موجبة بعد ان يحرر الكترونا سالباً ، ويحصل مثل هذا الامر في النواة المشعة .

ان هذا التفاعل النووي لا يؤثر على رقم الكتلة لان مجموع عدد النوترونات والبروتونات الكلي يبقى ثابتاً ، الا انه يزيد رقم الشحنة بمقدار ١ حيث تتولد في النواة شحنة موجبة جديدة ، وهذا كاف لان يغير العنصر الى آخر ، ولكتابة هذا التفاعل النووي بشكل معادلة يرمز الى الالكترون بالرمز e — ١ اي رقم الكتلة صفر ورقم الشحنة — ١ لان الالكترون مهمل وسالب الشحنة .

مثال : ان نظير الراديوم ٢١٠ يتشابه مثل هذا التفاعل ، ويتحول الى البولونيوم المشع الذي يتحول بدوره الى الرصاص ، وتكتب معادلة التحول الاول على الشكل :

$$ {}^{٢١٠}_{٨٣}Ra \longrightarrow {}^{٢١٠}_{٨٤}Po + ١ - {}^{\cdot}e $$

ملاحظة : ان الراديوم ٢١٠ هو في الواقع نظير البزموت ويسمى الراديوم E .

ان هذا النموذج من التفاعلات النووية يؤدي الى اصدار اشعة بيتا (الكترونات سريعة) لذلك يطلق عليه اسم النموذج بيتا .

يتم هذان النموذجان من التفاعلات النووية بصورة تلقائية في العناصر المشعة الطبيعية التي تتحول الى عناصر اخرى من تلقاء نفسها ، لذلك يطلق عليها اسم التحولات الطبيعية.

ومن المهم ان نعلم ان التفاعلات النووية السابقة يرافقها انتشار كمية كبيرة من الطاقة وهذه الطاقة تظهر بشكل امواج كهرطيسية تؤلف اشعة غاما التي تكلمنا عنها .

نصف عمر المادة المشعة :

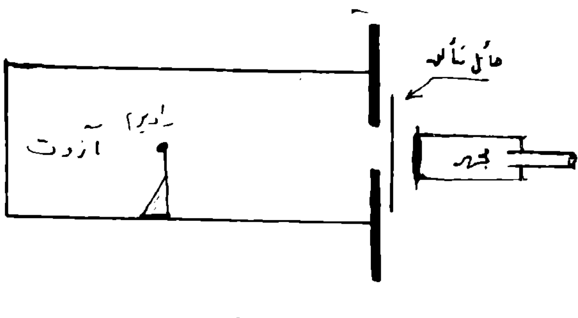
ان سرعة تحول العنصر المشع الى عنصر آخر غير مشع تختلف باختلاف العنصر ، ويسمى بصورة عامة نصف عمر العنصر المشع الزمن الذي تتناقص فيه شدة الاشعاع الى النصف ، ويتم فيه تحول نصف كتلة العنصر الى عنصر آخر من جراء التفاعلات النووية فعندما نقول مثلا ان نصف عمر البولونيوم هو ١٤٠ يوماً فذلك يعني انه اذا كانت هناك كتلة من مادة مشعة تحوي ك غراماً من البولونيوم ، فانهذه الكتلةلن تحوي بعد١٤٠يوماً سوى $\frac{ك}{٢}$ غراماً من البولونيوم أو $\frac{ك}{٤}$ غراماً منه بعد ٢٨٠ يوماً . . ويمكنالقولبصورة اخرى انه اذا كان لدينا كمية معينة من البولونيوم المشع فقطفان شدة الاشعاعالصادرعنها ستهبط الى النصف بعد مضي ١٤٠ يوماً عليها .

يبلغ نصف عمر الراديوم ١٦٠٠ سنة ويبلغ نصف عمر الرادون المشع ٤ ايام فقط ، وهناك بعد العناصر المشعة يقدر نصف عمرها بملايين السنين ، كما ان هناك عناصر مشعة لا يتجاوز نصف عمرها بضعة اجزاء من مليون من الثانية .

١٢ – التحول الصنعي للمادة : تجربة رذرفورد :

في عام ١٩١٩ كان العالم النيوزيلاندي رذرفورد منكباً على دراسة خواص اشعة الفا وتأثيرها في مختلف الاجسام ، وقد اجرى في ذلك العام تجربة تعتبر الاولى من نوعها استطاع بواسطتها ان يحول عنصر غير مشع الى عنصر آخر بطريقة صنعية ، وكانت هذه التجربة فاتحة عهد جديد ، اذ تحقق بواسطتها حلم اجدادنا القدماء الذين كانوا يحلمون بتحويل بعض المعادن الرخيصة كالنحاس الى معادن ثمينة ، وجهدوا لذلك ، الا انهم لم يفلحوا وانما اتجهو باعمالهم وجهة اخرى فيما بعد ادت الى نشوء علم الكيمياء .

ملأ رذرفورد اسطوانة زجاجية بغاز الآزوت ووضع داخلها كمية صغيرة من ملح الراديوم على حامل متحرك . وثبت في نهاية الاسطوانة صفيحة معدنية رقيقة ووضع خلفها من الخارج حائلا قابلا للتألق وأخذ ينظر اليه من خلال المجهر :



تجربة رذرفورد

شكل (٩)

وقد ضبط رذرفورد المسافة بين الراديوم والصفيحة المعدنية بحيث لا تستطيع دقائق الفا المنبعثة من الراديوم الوصول الى الصفيحة ، ولكن عندما نظر الى الحائل القابل للتألق بواسطة المجهر رآه يتألق ويتوهج ، فاستنتج من ذلك ان هناك دقائق اخرى كانت تصل الى الحائل وتسبب توهجه ، وقد اعاد رذرفورد هذه التجربة عـــدة مرات وفي ظروف مختلفة ليتأكد من دقة عمله . وأيقن بعد ذلك ان هذه الدقائق هي بروتونات ، ولكن من أين أتت هذه البروتونات ؟ .

لقد تبين لرذرفورد ان دقائق الفا كانت تخترق ذرات الآزوت وتصل الى نواهـا وتصدمها وتسبب بذلك انطلاق البروتونات ، ومن الطبيعي ان يتحول الآزوت بهذه العملية الى عنصر آخر وبالفعل لقد تحول الازوت في تجربة رذرفورد الى الاوكسجين .

ومنذ ذلك الوقت بدأ رذرفورد كما بدأ غيره من العلماء محاولة تحويل ذرات عناصر اخرى غير الآزوت ، ولم يكتفوا بالعناصر الغازية بل حاولوا تحويل ذرات بعض المعادن كالالمنيوم .

نتائج تجربة رذرفورد : لقد نتج عن هذه التجربة امران هامان :

الامر الاول : ان رذرفورد نجح في تحويل عنصر الي آخر بطريقة صنعية مقلداً في ذلك التحولات الطبيعية التي تطرأ على العناصر المشعة .

الامر الثاني : هو انه صار بالامكان الحصول على بروتونات من ذرات الآزوت او من ذرات عناصر اخرى ، حيث تنطلق هذة البروتونات بسرعة هائلة تدل على ان ما بهـا من طاقة اكبر من التي تملكها دقائق الفا المنبعثة من الراديوم والتي تسبب انطلاقها . وهذا يعني ان البروتونات استمدت طاقتها من النواة ، فالنواة اذاً مخزن كبير للطاقة .

تفسير تجربة رذرفورد : عندما تلتقط نواة ذرة الآزوت $^{14}_{7}N$ دقيقة الفا $^{4}_{2}He$ تطلق عوضاً عنها بروتوناً $^{1}_{1}p$ وينتج نظير الاوكسجين ١٧ وفقاً للتفاعل النووي الصنعي التـــالي :

$$^{14}_{7} + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{17}_{8}O$$

ولقد تبين فيا بعد ان هـذه الظاهرة عامة جداً وانه يمكن تحويل جميع العناصر اما الى نظائرها واما الى عناصر اخري ، وقد امكن الحصول على نظائر معدنية للاورانيوم غير موجودة في الطبيعة بهذه الطريقة .

وتكون العناصر الجديدة الناتجة عن التحول الصنعي عناصر مشعة غير ثابتة احياناً فتتابع تحولها بصورة تلقائية وينتهي التحول الى عناصر غير مشعة كما هي الحال في التحولات الطبيعية .

١٣ — تحطيم النواة :

ان نتائج اصطـدام دقائق الفا بنوى ذرات عنصر ما تختلف باختلاف العنصر ، كما تختلف باختلاف طاقة (او سرعة) دقائق الفا المستخدمة في عملية القذف ، ولقد تبين ايضاً ان النوترون اشد فعالية في عملية قذف العناصر من دقائق الفا بسبب اعتداله من الناحيـة الكهربائية ، وقد تمكن شادويك سنة ١٩٣٢ من استخدام النوترونات في عملية قـــذف العناصر بدلا من دقائق الفا . وتبين ان نتيجة اصطدام دقائق الفا أو النوترونات بالنـوى قد تكون تحطيم النواة تحطيا كاملا حيث تتبعثر البروتونات والنوترونات في جميع الجهات

ويرافق هذا الحادث انتشار طاقة كبيرة تظهر بشكل اشعاعات شديدة وبشكل حرارة هائلة .

١٤ — امكانية فناء المادة المشعة والطاقة الناتجة عن ذلك :

ينتج لدى تحطيم النواة بقذفها بالنوترونات كما ذكرنا بروتونات ونوترونات وطاقة كبيرة ويكون مجموع اوزان الدقائق المادية الناتجة اقل بشيء زهيد من وزن النواة مع الدقائق الداخلة في التفاعل (القذائف) قبل حصوله ، وهذا النقص في وزن المادة الذي يطرأ نتيجة للتفاعل النووي هو الذي يسبب انتشار الطاقة العظيمة اثناء تحطيم النواة ومما يجدر ذكره هنا ان العلامة اينشتاين تنبأ عن امكانية تحويل المادة الى طاقة نظرياً قبل ان تجري التجارب التي حققت هذه النبؤة ، وتمكن بالاضافة الى ذلك من حساب الطاقة التي تنتج عن فناء مقدار معين من المادة ، ووضع لذلك معادلة بسيطة في شكلها الا انها ذات اهمية عظيمة : فالطاقة التي تنتج عن فناء كتلة قدرها ك من المادة تساوي حاصل جداء هذه الكتلة في مربع سرعة الضوء اي ط = ك × سر^{٢} .

فلأجل حساب الطاقة الناتجة عن فناء غرام من المادة مثلا بالارغات يجب حساب سرعة الضوء بالسنتمترات ، ومن المعلوم ان سرعة الضوء تساوي تقريباً ٣٠٠ الف كيلو متر / ثانية اي سر = ٣ × ١٠^{١٠} سم . وعليه نجد ط=١×(٣×١٠^{١٠})^{٢}=٩×١٠^{٢٠} ارغة اي ما يعادل ٩ × ١٠^{١٣} جول . وهذه الطاقة هائلة جداً اذا قورنت بالطاقة التي تنتج عن احتراق غرام من النقود العادي ومن هنا جاءت اهمية الطاقة النووية ، وقد ايدت التجارب صحة هذه النتيجة « واكبر مؤيد لمعادلة اينشتاين هو تحقيق القنبلة الذرية » .

١٥ — الوسائل المستخدمة في عملية قذف العناصر:

ان الدقائق التي كانت تستعمل بادىء الامر في قذف نوى ذرات العناصر بغية تحول هذه العناصر الى نظائرها او تحطيمها ، هي دقائق الفا المنبعثة عن بعض العناصر المشعة الطبيعية وهذه الدقائق لها سرعة محدودة من رتبة ٢٠ الف كم/ثا ، وكذلك النوترونات التي تنتج لدى تحطيم بعض النوى وهذه النوترونات محدودة السرعة ايضاً . ولما كان قذف

النواة بدقائق ذات طاقة كبيرة بغية تركيبها او تحطيمها يساعد كثيراً على كشف اسرار المادة ومعرفة مكوناتها ونظام تكوينها كما يقدم خدمات كثيرة في المجالات العملية لاسيما في الحصول على النظائر المشعة المستخدمة في الطب ، انكب العلماء المعاصرون على ايجاد طرق ناجعة لاكساب بعض الدقائق التي تستعمل كقذائف لرجم النوى سرعات كبيرة بقدر الامكان ، ودراسة تأثيرها على نوى العناصر المختلفة ،

وقد اتجه العلماء في الوقت الحاضر الى استخدام الدقائق المشحونة بالكهرباء كقذائف نووية لرجم العناصر ، وذلك لانه يمكن التحكم بسرع هذه القذائف باخضاعها الى ساحات كهربائية أو مغناطيسية على العكس من الدقائق المتعدلة التي لا تتأثر بمثل هذه الساحات ولا يمكن بالتالي التحكم بسرعها، لذلك نستعمل الآن البروتونات (او نوى ذرات الهيدروجين العادي) والدوترونات (نوى ذرات الهيدروجين الثقيل D) ، ودقائق الفا اونوى الهيليوم وتسمى احيانا الهيليونات وتكون نتيجة رجم العناصر بمثل هذه القذائف عادة هي اما تحطيم النواة واما الحصول على عناصر جديدة مشعة من عناصر غير مشعة .

وكلنا نعلم كيف تولد الاشعة السينية ، اذ تصطدم الالكترونات المبتعدة عن المهبط في انبوبة الاشعة السينية بصفيحة معدنية تتحمل الحرارة العالية فتصبح هذه الصفيحة مصدراً لاشعاعات هي الاشعة السينية ، فهذا مثال على عملية قذف العناصر او رجمها وتحويلها الى عناصر مشعة .

الا ان الحصول على عناصر مشعة صنعية تشبه خواصها الاشعاعية خواص العناصر المشعة الطبيعية مثل الراديوم وغيره لا يمكن ان يتم استخدام الاشعة المهبطية كما هي الحال في توليد الاشعة السينية ، اذ لا بد من استخدام قذائف سريعة جداً بحيث تملك طاقة كبيرة تستطيع بواسطتها ان تحول العناصر، ولا يعتمد كثيراً في الواقع على الالكترونات كقذائف لتحويل العناصر لان وزنها خفيف ولا تستطيع غالباً ان تتخطى الطبقات الالكترونية في الذرة وان تصل الى النواة التي هي هدف عملية الرجم . وبالرغم من ذلك ، هناك بعض الفوائد من تسريع الالكترونات ودراسة حركتها وخواصها في التأكد من صحة بعض النظريات الفيزيائية الحديثة ، لهذا نجد اجهزة كثيرة في مراكز البحوث الحديثة من أجل تسريع الالكترونات .

اما القذائف الاخرى مثل البروتونات فتفضل في عملية رجم العناصر لانها تستطيع ان تتخطى الطبقات الالكترونية في الذرة وان تصل الى النواة .

هذا مع العلم ان الشحنة الموجبة للنواة تؤثر كثيراً على طاقة القذائف الواردة اليها لاسيما اذا كانت القذائف موجبة الشحنة كالبروتونات ودقائق الفا ، اذ تدفعها النواة بتأثير تماثل الشحنات الكهربائية ، بقوى دفع كهربائية مما يخفف من سرعة هذه القذائف ، فاذا لم تكن طاقة القذائف كبيرة لا تستطيع صدم النواة ، ومن هنا تبدو لنا اهمية تسريع القذائف المستعملة في الرجم ، والاجهزة المستعملة في التسريع تسمى المسرعات وفيما يلي فكرة مبسطة وموجزة عنها .

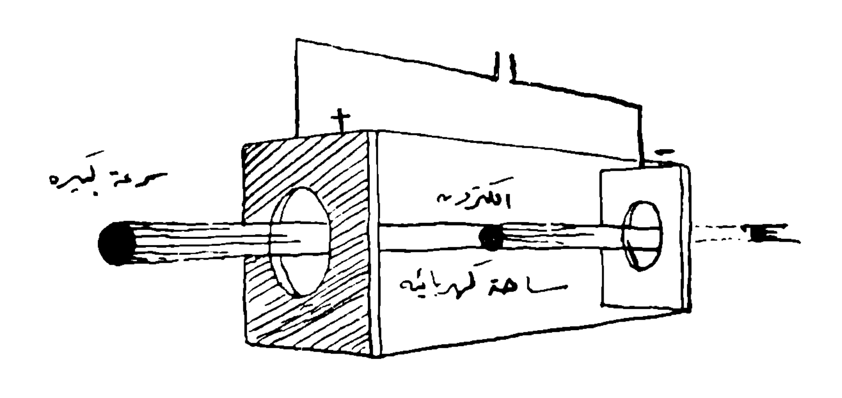
المسرعات : هي اجهزة تستخدم للحصول على دقائق ذات طاقة عالية لرجم نوى العناصر بها وتحويلها الى عناصر مشعة او لتحطيمها ، او لدراسة خصائص الدقائق ذات الطاقة العالية .

والمسرعات على نوعين : خطية حيث تسير فيها الدقائق المسرعة على خط مستقيم ، ودائرية تسير فيها الدقائق المسرعة على خطوط حلزونية اشبه بالدوائر .

أ ـ المسرعات الخطية : المبدأ : لنضع صفيحتين معدنيتين الى جانب بعضها بصورة متوازية بحيث تفصل بينها مسافة صغيرة (بضعة سنتمترات) دون ان يتلامسا مباشرة او بصورة غير مباشرة بواسطة ناقل آخر ، ولنصل هاتين الصفيحتين الى قطبي نابعة كهربائية قوية فينشأ بينهما فرق في الكمون (وتتشكل لدينا مكثفة كهربائية) ، ويصبح الفضاء المحصور بين الصفيحتين مركزاً لما يسمى بالساحة الكهربائية ، وتشبه هذه الساحة ساحة الثقالة الارضية ، فالارض تؤثر على جميع الاجسام الموجودة على سطحها او القريبة منها بقوى جذب نتيجة لوجود ساحة الثقالة الارضية هذه ، فاذا ترك جسم مايسقط سقوطاً حراً في هذه الساحة فانه يتحرك حركة متسارعة وتزداد سرعته بصورة مطردة وتبلغ قيما كبيرة جداً اذا كانت مسافة السقوط كبيرة .

هذا ما يحصل تماما لجسيم صغير مشحون بالكهرباء اذا مر ضمن الساحة الكهربائية المكثفة حيث يخضع الى قوة تؤثر عليه وتسمى القوة الكهربائية تجعله يتحرك بحركة متسارعة فتزداد سرعته .

ويستند الى هذا المبدأ في المسرعات الخطية لاكساب الدقائق المشحونة سرعات كبيرة حيث تمر هذه الدقائق في ساحات كهربائية فتتعاظم سرعتها بالتدرج الى ان تصل الى الهدف وتصدمه وتؤثر عليه، والشكل التالي في الصفحة التالية يبين لنا نموذجاً من مسرع خطي : ويتألف من انبوب طويل مفرغ تماماً من الغازات ويوجد في احدى نهايتيه منبع الدقائق المشحونة وهو عبارة عن حجيرة فيها غاز يتشرد بتأثير بعض الاشعاعات ، او سلك متوهج يطلق الكترونات . كما يوجد في الانبوب اسطوانات ينطبق محورهـا المشترك على محور الانبوب وهي مفصولة عن بعضها البعض بمسافات معينة ولها كمونات كهربائية متناقصة بالتدريج ،

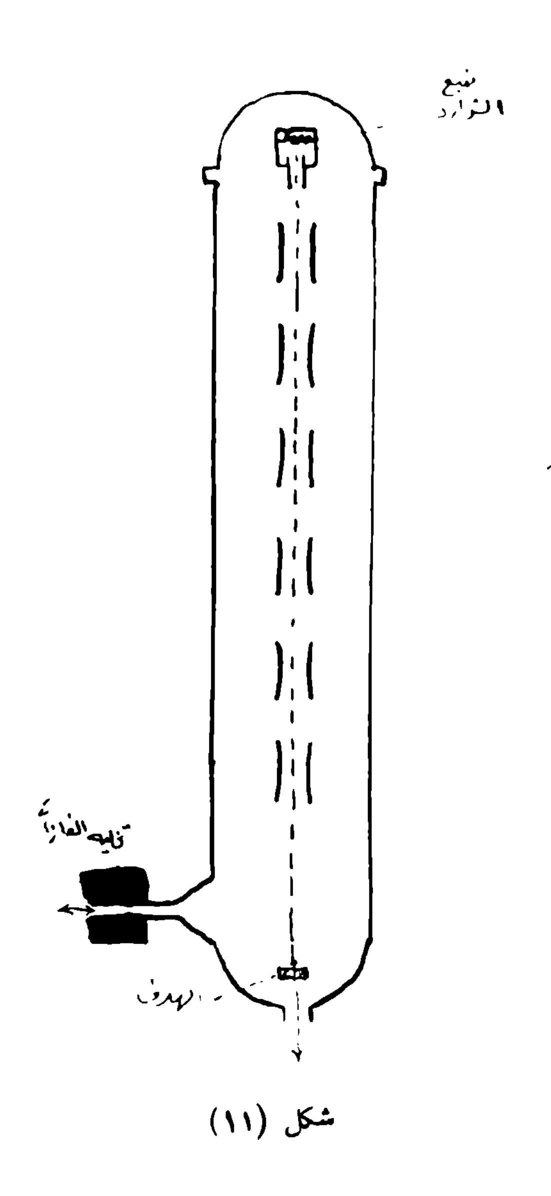


شكل - ١٠ -

والاسطوانة الاولى القريبة من منبع الدقائق هي الاسطوانة ذات الكمون الاعلى (الدقائق موجبة) ، وعلى هذا الشكل تكون المسافات التي تفصل بين الاسطوانات هي مناطق الساحات الكهربائية التي تزيد من سرعـة الدقائق المشحونة . فعندما تنطلق هـذه الدقائق من المنبع بسرعة معينة لاتلبث سرعتها ان تزداد شيئاً فشيئاً اثناء المرور على محور الانبوب والاسطوانات الى ان تصل الى الهدف الموجود في النهاية الاخرى من الانبوب فتصدمه او تخترقه ، ويحاط هـذا الهدف عادة بسائل للتبريد لانه من الضروري امتصـاص الحرارة التي تنتج عن التفاعلات النووية .

ب – المسرعات الدائرية (السيكلوترون) : المبدأ : ان الدقيقة المشحونة بالكهرباء

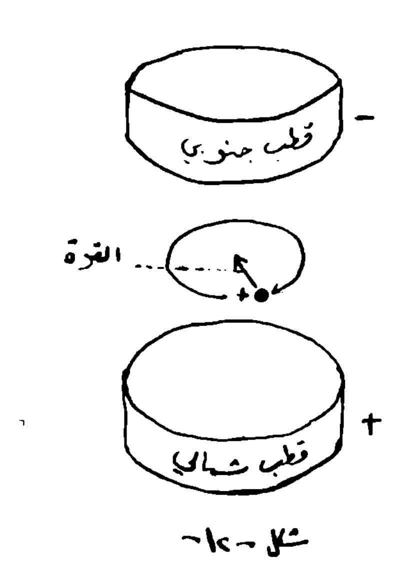
عندما تسير بسرعة معينة ضمن ساحة مغناطيسية اتجاهها عمودي على منحنى الحركة تدور بحركة دائرية في مستوى عمودي على الساحة المغناطيسية لأنها تخضع حينذاك الى قوة تجبرها على



شكل (١١)

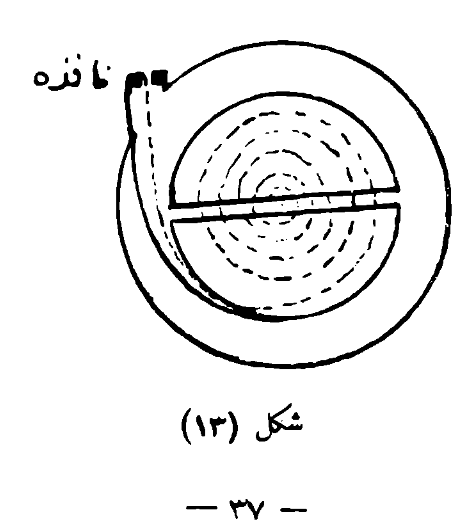
الحركة الدائرية، وتكون سرعة الدوران منتظمة، الا انه يمكن زيادة هذه السرعة باستخدام

ساحة كهربائية مناسبة بالاضافة الى الساحة المغناطيسية فتزداد السرعة وبالتالي يزداد نصف قطرَ الدوائر التي تسير عليهـا الدقيقـة المشحونة بالتدريج فترسم حينئذ مساراً حلزونياً تكبر حركاته بالتدريج مع زيادة السرعة ، والشكل التالي يبين انا نموذجا من مسرع دائري أو سيكلوترون :



شكل - ١٢ -

ويتألف من تجويف دائري مقسوم الى قسمين وهما صفيحتان اسطوانيتان تشكلان مكثفة كهربائية تولد ساحة كهربائية متناوبة بحيث تساعد الدقيقة المشحونة كلما اتمت



شكل (١٣)

دورة كاملة على زيادة سرعتها في الذهاب والاياب اثناء الدوران ولهذا تولد ساحة كهربائية متناوبة متوافقة مع حركة الدقائق الدائرية والمتسارعة . كما تولد ساحة مغناطيسية شديدة جداً وعمودية على الساحة الكهربائية لارغام الدقائق على الدوران ، وهكذا تدور الدقائق على مدار حلزوني وتزداد سرعتها الى ان تخرج من فتحة جانبية بسرعة كبيرة وتصدم الهدف وتنبعث الدقائق من منبع موجود في مركز الجهاز .

ان جميع المسرعات التي تم بناؤها حتى الآن تكسب الدقائق المشحونة طاقات عالية ولكنها محدودة ايضاً . مع العلم ان هناك دقائق مشحونة مثل البروتونات ودقائق الفا والكترونات تأتينا من الارض من مصادر كونية مجهولة (الاشعة الكونية) وتملك طاقات كبيرة جداً اذا قورنت بطاقات دقائق المسرعات . لهذا السبب يهتم العلماء في الوقت الحاضر بدراسة خصائص الاشعة الكونية اهتماما بالغاً .

١٦ — القنبلة الذرية :

الاورانيوم ٢٣٥ والتفاعل المتسلسل : لقد لعب عنصر الاورانيوم دوراً كبيراً في توليد الطاقة الذرية أوالنووية الناتجة عن التفاعلات النووية ، ويوجد لهذا العنصر نظيران النظير ٢٣٨ $u_{٩٢}^{٢٣٨}$ وهو الاكثر انتشارا في الطبيعة وتتألف نواته من ٩٢ بروتونا ١٤٦ نوترونا ، والنظير ٢٣٥ $u_{٩٢}^{٢٣٥}$ وهو نادر في الطبيعة الا ان له اهمية كبيرة في التفاعلات النووية .

في نفس السنة التي بدأت فيها الحرب العالمية الثانية اكتشف العلماء خواص الاورانيوم ٢٣٥ وكان هذا الاكتشاف نقطة التحول في الابحاث الذرية اذ كان المفتاح الذي اطلق سراح الطاقة الذرية من مكنونها .

لقد تبين للعالم الالماني اوتوهان اثناء تجاربه على الاورانيوم ٢٣٥ ان هذا العنصر اذا رجم بالنوترونات تنقسم بعض ذراته الى عنصرين آخرين هما الباريوم والكريبتون ، ويصاحب هذا الانقسام انطلاق نوترونات. ولقد تبين بعد ذلك ان هذه النوترونات المنطلقة عن انقسام الاورانيوم ٢٣٥ يمكن استخدامها كقذائف لحدوث الانقسام في ذرات جديدة من نفس كتلة الاورانيوم ٢٣٥ ، فاذا منعت هذه النوترونات من الانطلاق الى

خارج المادة المنقسمة (كتلة الاورانيوم) وجعلت تصطدم بنوى الذرات الاخرى التي لم تنقسم بعد ، ظهرت عندئذ انقسامات جديدة ينتج عنها ايضاً بروتونات جديدة تستخدم بدورها ايضاً كقذائف جديدة وهكذا يستمر التفاعل النووي بصورة متتابعة ومتسلسلة وسريعة ، وتزداد الطاقة الناتجة عن الانقسام بصورة كبيرة .

وتسمى هذه الحادثة بالتفاعل المتسلسل ولا يحصل هذا التفاعل الا مع الاورانيوم ٢٣٥ ويكون عنيفاً على شكل انفجار هائل، والطريف في الامر ان هذا الانفجار لا يحصل الا اذا كانت كتلة الاورانيوم ٢٣٥ اكبر على حد ادنى .

مبدأ القنبلة الذرية : ان الاورانيوم في الطبيعة هو مزيج من الاورانيوم ٢٣٥ والاورانيوم ٢٣٨ ، ونسبة النظير ٢٣٥ في هذا المزيج لا تتجاوز ٠,٧٪ لذلك كان لابد من فصل النظير ٢٣٥ عن النظير ٢٣٨ لاستخدامه في صنع القنبلة الذرية ، وعملية الفصل هذه صعبة للغاية وتحتاج الى عمليات فيزيائية كثيرة ومعقدة جداً يزيد عـددها احيانا على خمسة آلاف عملية .

وتصنع القنبلة الذرية من وزن الاورانيوم يفوق الحد الادنى اللازم للانفجار بشيء زهيد ، لانه اذا كان وزن الاورانيوم ٢٣٥ في القنبلة أقل من الحد الادنى لا يحصل الانفجار ولحصول الانفجار تسلط النوترونات بادىء الامر على المادة المتفجرة فيبدأ التفاعل ويستمر بعد ذلك من تلقاء نفسه (التفاعل المتسلسل) ويحصل الانفجار وتنتشر كمية هائلة من الطاقة الحرارية والاشعاعية .

طريقة اخرى لصنع القنبلة الذرية :

ان الاورانيوم ٢٣٨ لايتأثر بالنوترونات البطيئة نسبياً والتي تحدث الانقسام بالاورانيوم ٢٣٥ ، ولكن اذا بلغت سرعة النوترونات سرعة معينة (تسمى سرعة الطنين) فان الاورانيوم ٢٣٨ يمتص هذه النوترونات دون ان ينقسم بل يتحول الى عنصر آخر هو عنصر النبتونيوم الذي لا يلبث ان يتحول بدوره الى بلوتونيوم ، ويحصل هذا التحول ضمن اجهزة خاصة ويرافقـه انتشار اشعاعات خطرة على الكائنـات الحيـة ، واذا أصبحت كمية

البلوتونيوم المتكونة مساوية لبضعة كيلو غرامات تغدو مادة مفرقعة يكفي لانفجارها ان تعرض للجو العادي .

١٧ ـ اخطار القنبلة الذرية :

يكمن خطر القنابل الذرية في الاشعاعات التي تصـدر عنها مثل اشعة الفا واشعة بيتا واشعة غاما الشديدة النفوذ ، هذا بالاضافة الى الغبار الذري الذي هو عبارة عن شظايا ناعمة جداً من المادة المشعة التي تتكون نتيجة للانفجار ، وتكون نتيجة الى غبار يصدر اشعاعات بصورة مستمرة ، ويسير هذا الغبار مع الرياح فيفسد الهواء ويتراكم في الحقول والمزارع ويتساقط على المياه فيلوثها جميعها ، فاذا تناول الانسان غذاء ملوثاً بالغبار الذري تعرض لآلام مبرحة وأصيب بحروق شديدة في أحشائه يصعب الشفاء منها ، ومن المؤسف ان هذا الغبار يدوم تأثيره زمناً طويلاً ، وكلنـا نعلم آثار القنابل الذرية التي القيت على الشعب الياباني في هيروشيما وناغازاكي .

وأفضل طريقة للوقاية من الاشعاعات الذرية هي ان يبتعد الانسان ما امكنه عن المناطق الموبوءة وهناك أجهزة صغيرة الحجم يمكن حملها بسهولة اثناء الانتقال من مكان لآخر حيث تساعد على الكشف عن وجود الاشعاعات الذرية .

١٨ ـ القنبلة الهيدروجينية :

رأينا ان القنبلة الذرية يعتمد في تفجيرهـا على تحطيم النواة وتفتيتها ، ولكن هنـاك بالاضافة الى تفاعلات التحطيم تفاعلات اخرى نووية معاكسة لها أي تفاعلات بناء ، يمكن بواسطتها الحصول على عناصر كيميائية من عناصر أخف منها ، فيمكن بالحصول مثلا على الهيليوم ابتداء من الهيدروجين وذلك بواسطة التحام نوى الهيدروجين مع بعضها البعض ورافق هذا الالتحام ايضاً ظهور طاقة كبيرة جداً تفوق الطاقة الناتجة عن التحطيم وهذا هو مبدأ القنبلة الهيدروجينية .

ان مصدر الطاقة الهيدروجينية (طاقة الالتحام) هو فناء المادة ايضاً اذ ان وزن

ذرة الهيليوم الناتجة عن الالتحام لا يساوي تماماً اربعة امثال وزن البروتون (أو النوترون) بل هو أقل بشيء زهيد ، وهذا الفرق في الوزن هو الذي يتحول الى طاقة .

ولتحقيق هذا التفاعل النووي يجب استخدام نظير الهيدروجين ٢ (الدوتيريوم الذي تحوي نواته بروتونا ونوترونا) ، وبالتحام نواتين على هذا النظير يتشكل نظير الهيدروجين ٣ (التريتيوم) مع ذرة من الهيدروجين العادي وفقاً للتفاعل النووي التالي :

$$ {}^{٢}_{١}H + {}^{٢}_{١}H \rightarrow {}^{٣}_{١}H + {}^{١}_{١}H $$

ويؤدي النظير $ {}^{٣}_{١}H $ بدورة الى لتشكل الهيليوم ويطلق النوترونات وفقاً للتفاعل :

$$ {}^{٢}_{٢}H + {}^{٣}_{١}H \rightarrow {}^{٤}_{٢}He + 2n $$

حيث n ترمز الى النوترون .

شروط تفاعل الالتحام : ان التفاعلات السابقة تحتاج الى شروط صعبة لكي تحصل ، فيجب مثلا ان تبلغ درجة حرارة الغازات ٢٠ مليون درجة مئوية وان يتوفر الضغط اللازم كي يحصل التفاعل ببطء وبصورة غير خطيرة ، ولكن اذ لم تتوفر الشروط المناسبة من حرارة وضغط وامكن للتفاعل ان يبدأ فانه يحصل بصورة انفجار هائل لا يمكن السيطرة عليه .

وتؤمن الحرارة اللازمة لحصول الانفجار الهيدروجيني بواسطة قنبلة الاورانيوم الذرية التي تنفجر اولا لتوليد هذه الحرارة اللازمة فيبدأ تفاعل الالتحام ويحصل الانفجار ، وعلى هذا تعتبر قنبلة الاورانيوم بمثابة فتيل او عود ثقاب بالنسبة لقنبلة الهيدروجين .

١٩ ـ مصدر طاقة الشمس الحرارية :

تحصل في الشمس تفاعلات مشابهة لتفاعلات الالتحام السابقة الذكر حيث يتكون غاز الهيليوم من الهيدروجين ولكن ببطء نظراً لتوفر الشروط المناسبة ، اذ يجري تفاعل الالتحام بوجود وسيط هو الكربون وتبلغ درجة الحرارة في الشمس حوالي ٢٠ مليون درجة مئوية .

ويحدث تركيب غاز الهيليوم في الشمس منذ آلاف السنين بل ملايين السنين وهـــذا يساعد الشمس على الاحتفاظ بحرارتها التي هي مصدر الحياة لارضنا .



الفصل الرابع

استخدام الطاقة الذرية في الاغراض السلمية

من أكبر الاخطاء ان نربط دائماً فكرة الذرة بصورة القنبلة الذرية او الهيدروجينية إذ نكون بذلك أشبه بمن يربط فكرة الكهرباء بكرسي الاعدام الكهربائي .

ومن نعم الطبيعة علينا في الواقع ان نكشف اسرار الذرة ونحصل على مصدر هائل للطاقة تلك الطاقة التي يجب تسخيرها لخدمة الانسان ورفاهيته لا لخرابه ودماره . ومهما أسيء استخدام الطاقة الذرية في صنع القنابل المدمرة الفتاكة فاننا لا نشك اننا في بدء عصر ستكون فيه الطاقة الذرية أساس كل صناعة ، بل ستصبح دعامة لازدهار صناعي لم تر الانسانية مثله من قبل ، ومصدراً لكل خير ، وسنبين فيما يلي كيف يمكن استخدام هذه الطاقة في الاغراض السلمية ونبدأ بالتطبيقات الصناعية :

١٠ — توليد الكهرباء بواسطة الذرة :

من المعلوم انه يمكن تحويل مختلف أشكال الطاقة من شكل لآخر فيمكن تحويل الطاقة الحرارية مثلا الى عمل وبالعكس ، كما يمكن تحويل الطاقة الكهربائية الى حرارة والى عمل ، والطاقة الحركية الى كهرباء وهكذا .

ومصدر الطاقة الكهربائيه هو طاقة شلالات المياه او طاقة المحروقات التي تولد البخار ، فعندما تسقط مياه الشلالات من ارتفاعات مناسبة تدير عنفات مائية وهذه تدير ايضاً جهاز توليد التيار الكهربائي (منوبة او دينامو) ، فتحول بذلك طاقة مياه الشلالات الكامنة

الى طاقة حركية ثم الى طاقة كهربائية . ويمكن كذلك تدوير آلات توليد الكهرباء بواسطة محركات الديزل التي تستخدم المازوت ، كما يستخدم البخار المضغوط في اغلب الاحيان لتدوير آلات توليد الكهرباء ، وللحصول على البخار المضغوط تلزم الحرارة الكافية لتبخير الماء وتؤمن هذه الحرارة عادة (في الوقت الحالي على الاقل) بواسطة المحروقات مثل البترول او الفحم الحجري . . وتستخدم لذلك المراجل حيث تسخن الماء ويذهب البخار منها الى عنفات بخارية تدير آلات الكهرباء .

الا ان الطاقة الذرية تستطيع ان تقدم لنا كميات هائلة من الحرارة تفوق بملايين المرات كميات الحرارة التي تقدمها المحروقات العادية ولكي نتصور مقدار الطاقة الكهربائية التي يمكننا الحصول عليها نتيجة لسلسلة التفاعلات التي تحدث بداخل قطعة اورانيوم ٢٣٥ نستطيع ان نقول انه اذا تحطمت جميع نوى كتلة من هذه المادة وزنها ١ كغ فان الطاقة الكهربائية التي يمكن ان تنتج عن ذلك تقدر بحوالي ٢٥٠٠٠ مليون كيلوات ساعي بينما لا ينتج عن احتراق كيلوغرام من الفحم الحجري سوى ٨٫٥ كيلوات ساعي . فيمكننا اذن ان نتصور مبلغ الطاقة الكهربائية التي يمكن لأي دولة من الدول الحصول عليها اذا كان لديها مادة الاورانيوم بكميات وافرة .

صعوبات توليد الحرارة من الذرة : إن توليد الحرارة من الذرة ترافقه صعوبات كبيرة :

١ — يجب السيطرة على التفاعلات النووية التي تحصل في الوقود الذري (كالاورانيوم) لئلا يحصل انفجار آني وعنيف يذهب بمركز توليد الكهرباء وبمن حوله .

٢ — يجب ايجاد طريقة للتخلص من بقايا التفاعلات النووية او الرماد المتبقي ، لان هذه البقايا هي مواد مشعة خطرة ، تفوق شدة اشعاعها شدة اشعاع المواد المشعة الطبيعية بآلاف المرات . كما يجب تأمين الوقاية من الاشعاعات التي ترافق التفاعلات ومنع تسربها الى الخارج .

٣ — من الضروري ايجاد اجهزة معدنية تتحمل الحرارة العالية التى تتولد في الاجهزة ولتحقيق هذه الشروط تستخدم أجهزة لاجراء التفاعلات النووية تسمى الافران الذرية :

الافران الذرية :

هي اجهزة لتوليد الحرارة بواسطة الوقود الذري وهي على نوعين اساسيين :

النوع الاول : أفران ذرية تحتوي على خام الاورانيوم الطبيعي الذي يحوي الاورانيوم ٢٣٥ بنسبة ضئيلة الى جانب الاورانيوم ٢٣٨ بنسبة كبيرة كوقود ذري . ويكون هذا الخام الطبيعي ممتزجاً بمادة تحوي الماء الثقيل (وهو الماء الذي يدخل في تركيبه الهيدروجين الثقيل عوضاً عن الهيدروجين العادي) . او يكون على هيئة قضبان ذات شكل هندسي خاص موضوعة داخل كتلة من فحم الغرافيت .

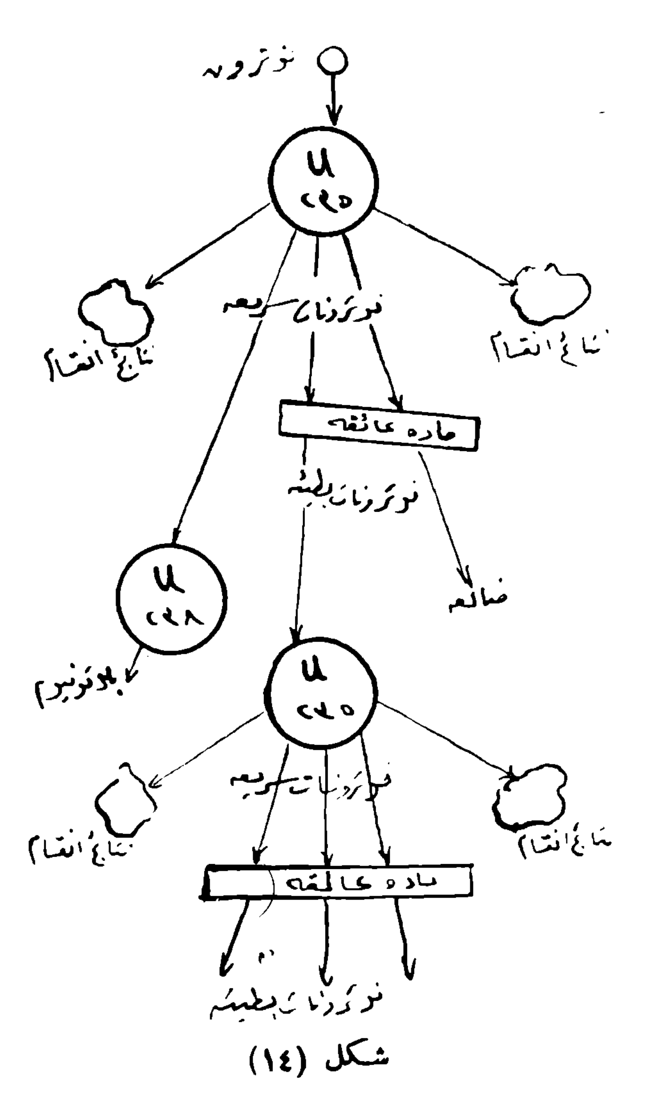
دور الماء الثقيل اوفحم الغرافيت : ان الاورانيوم ٢٣٨ الموجود بكثرة في الاورانيوم الطبيعي يمتص النوترونات السريعة التي تنتج عن انقسام الاورانيوم ٢٣٥ الموجود بنسبة ضئيلة ويوقف بذلك التفاعل المتسلسل ، ولكن اذا تباطأت سرعة النوترونات الناتجة عن الانقسام واصبحت لا تتجاوز حداً معيناً فلا تؤثر حينئذ على الاورانيوم ٢٣٨ بل تسعى الى اكمال التفاعل المتسلسل مع الاورانيوم ٢٣٥ الذي يتأثر بالنوترونات البطيئة نسبياً اكثر من النوترونات السريعة التي لاتؤثر فيه على العكس من الاورانيوم ٢٣٨ .

فلأجل تخفيف سرعة النوترونات الناتجة عن بداية الانقسام وجعلها تؤثر على الاورانيوم ٢٣٥ الذي لم ينقسم بعد يستعمل جسم يبطيء سرعة هذه النوترونات دون ان يمتصها ، وقد وجد ان الماء الثقيل يقوم بالواجب من هذه الناحية ، كما ان فحم الغرافيت المطحون جيداً يقوم بنفس الوظيفة ، لذلك يستخدم احد هذين الجسمين في الفرن الذري لتخفيف سرعة النوترونات كي يستمر التفاعل المتسلسل في الاورانيوم ٢٣٥ ولئلا يتشكل قسم كبير من البلوتونيوم الذي ينتج عن تحول الاورانيوم ٢٣٨ ويصبح خطراً اذا ازدادت كميته عن حد معين . وبالرغم من ذلك لا بد ان يتحول عدد من ذرات الاورانيوم ٢٣٨ الى بلوتونيوم لذلك يفصل هذا الاخير من الفرن من حين لآخر كلما تراكم ، ويستفاد منه في الحصول على تفاعلات نووية ايضاً في افران خاصة اخرى .

النوع الثاني : يشبه هذا النوع من الافران الذرية النوع الاول من حيث المبدأ الا أن الوقود الذري فيه عبارة عن اورانيوم غني بالنظير ٢٣٥ على العكس من النوع الاول .

سير العمل في الافران الذرية :

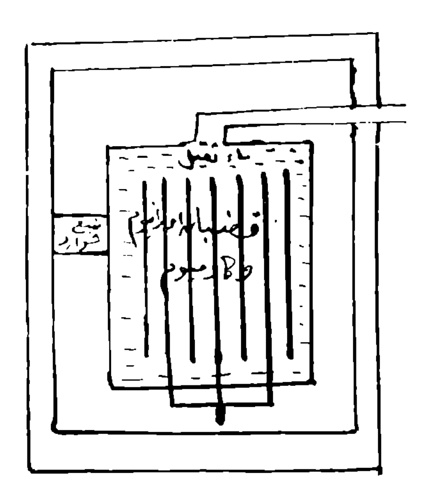
بوضع الوقود الذري في الفرن (على نوعيه) على شكل قضبان مؤلفة من طبقات متناوبة



شكل (١٤)

من الاورانيوم ومن المادة العائقة لسرعة النوترونات ميل فحم الغرافيت ، اوتوضع قضبان الاورانيوم ضمن الماء الثقيل .

ويمكن التحكم في سير التفاعلات النووية في الفرن بواسطة السيطرة على عدد النوترونات التي تستخدم في عملية التحطيم أو الانقسام اثناء حصول التفاعل المتسلسل ، لانه اذا ازداد عدد النوترونات يخشى ، من اندفاع التفاعل المتسلسل بسرعة وحصول الانفجار .



شكل (١٥)

وعلى العكس اذا نقص عدد النوترونات اكثر من اللازم يقف التفاعل ، لهذا تستعمل قضبان مصنوعة من الكادميوم الذي يتصف بقدرته على امتصاص النوترونات الزائدة ثم اشعاعها ثانية ولكن بعد فترة زمنية تساوي عدة دقائق (بدلا من ثواني) وبتنظيم هذه القضبان داخل الفرن الذري وتوزيعها بالكيفية المطلوبة يمكن السيطرة على هذه النوترونات وبالتالي يمكن السيطرة على التفاعل .

الحماية من الاشعاعات الذرية التي تصدر عن الفرن الذري :

من أجل الحماية من الاشعاعات الذرية التي تتألف من البروتونات والنوترونات ومن اشعاعات الفا وبيتا وغاما (الشديدة النفوذ) تتخذ احتياطات عديدة ، فتستعمل المواد الواقية التي تمتص هذه الاشعاعات على اختلافها مثل معدن الرصاص الذي يوضع على الشكل

حواجز كبيرة وسميكة تحيط بالفرن الذري من اجل منع تسرب اشعة غاما وغيرها ، كما تستعمل مواد غنية بمركبات الهيدروجين مثل البرافين من اجل امتصاص النوترونات والبروتونات .

ونذكر على سبيل المثال ان فرناً ذرياً حجمه الداخلي حوالي متر مكعب يحتاج حسب ما ذكر شادويك الى مئة طن من المواد الوقائية .

ويجهز الفرن عادة بآلة خاصة لفصل البلوتونيوم الناتج عن التفاعل كلما تجمع ، وتكون ادارة آلة الفصل بعيدة عن الفرن لتجنب خطر الاشعاعات .

وهناك احتياطات عديدة اخرى تتخذ من أجل حماية العمال وغيرهم من الذين يقتربون من الافران الذرية نذكر منها :

١ - تجهيز غرف لتغيير الملابس واخذ الحمامات قبل وبعد الخروج من الامكنة المعرضة للاشعاعات .

٢ - وضع امام كل ناحية من المركز الذري مكانس خاصة لتنظيف الاقدام ، ومجففات على الهواء الساخن للأيدي .

٣ - وضع اجهزة في جميع الغرف لاختبار الجسم والملابس والكشف عن تلوثها بالمواد المشعة .

٤ - وضع جهاز اختبار اوتوماتيكي يمر فيه كل من يغادر المركز الذري للتأكد من خلوه من المواد المشعة .

٥ - تجديد الهواء في المركز بسرعة كبيرة وتبديله دائماً تبديلا تاما لانه قد يتلوث بالرماد الذري ، مع العلم ان الهواء لا يطلق الى الجو مباشرة بل يرشح بواسطة اجهزة خاصة تزيل كل ما علق به من غبار مشع او غيره .

٦ - يدار العمل في الفرن بواسطة آلات توضع في اماكن بعيدة وتعزل بجدران من معدن الرصاص .

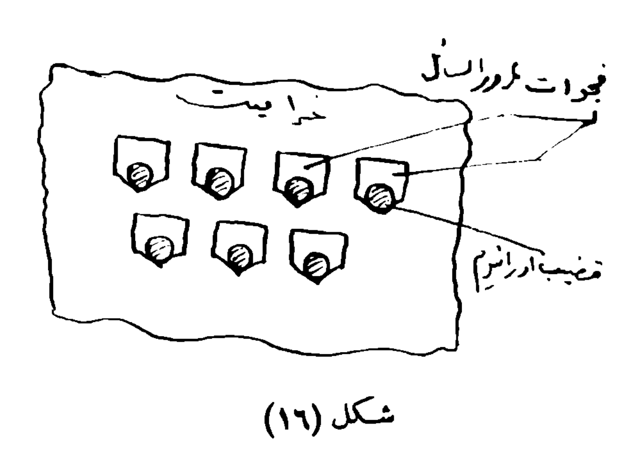
نقل الحرارة من داخل الفرن الى خارجه :

اذا اردنا الاستفادة من الحرارة المنتشرة داخل الفرن لا بد لنا من نقلها الى خارج

الفرن مع المحافظة على منع تسرب الاشعاعات . فاذا اردنا مثلا تحويل هذه الطاقة الحرارية الى طاقة كهربائية وجب علينا ان ننقل الحرارة الى خزان فيه ماء او الى مرجل لتبخير الماء فيه ومن ثم توجيه البخار الى العنفات البخارية كي تدير المولدات الكهربائية .

وقد فكر العلماء في الطريقة التي يمكن بها نقل الحرارة من الفرن الى المرجل فوجدوا ان اسهل طريقة لذلك هي امرار سائل او غاز في فجوات محيطة بالاورانيوم فترتفع درجة حرارته ثم يمرر بعد ذلك في المرجل ويسخنه ، وتكبر الفائدة التي نحصل عليها من العنفة البخارية كلما ارتفعت درجة حرارة البخار المسلط عليها لهذا يفضل ان تكون درجة حرارة السائل او الغاز الذي ينقل الحرارة مرتفعة جداً بعد خروجه من الفرن الذري .

ولكن يصعب من الناحية الفنية رفع درجة حرارة السائل او الغاز عن ٥٠٠ درجة



شكل (١٦)

مئوية والا أتلف المواد التي يتكون منها الفرن . لهذا يجب ان يكون للسائل او الغاز الذي يمر بالفجوات المحيطة بالاورانيوم الخواص التالية :

١ — يجب ان يتحمل درجة حرارة تساوي ٥٠٠ درجة مئوية على الاقل .

٢ — يجب ان يكون موصلا جيداً للحرارة حتى تنتقل الحرارة منه واليه بسهولة .

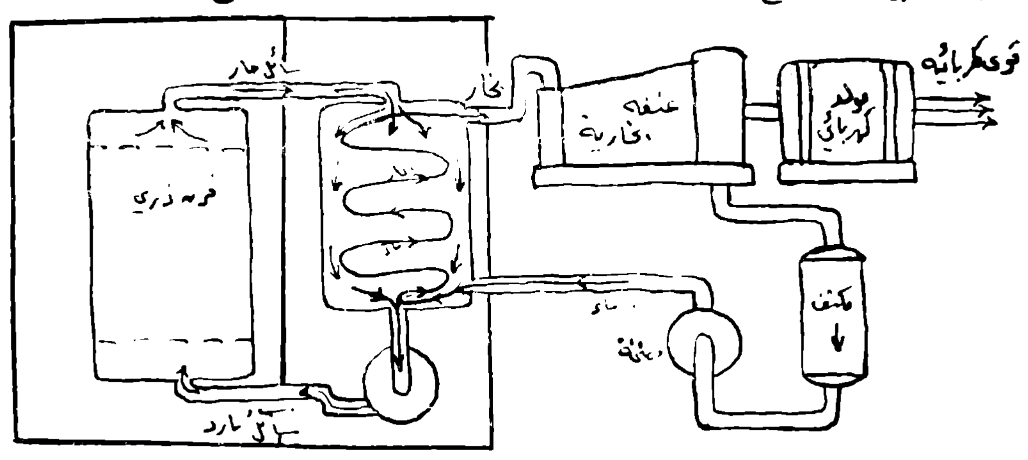
٣ — يجب ان لا تكون لديه قابلية امتصاص او اختزان النوترونات كي لا يؤثر على سلسلة التفاعلات التي تحصل داخل كتلة الاورانيوم .

٤ — يجب ان لا تتأثر ذراته بالاشعاعات الذرية الشديدة وان لا يتحـول الى عنصر مشع تحت تأثيرها .

٥ — يجب ان لا تكون له قابلية للتفاعل مع مادة الاورانيوم او الغرافيت او ايـة مادة من مواد الفرن .

وقد وجد الباحثون ان عدداً قليلا من السوائل او الغازات لها كل هذه الخواص . كما وجد ان افضلهـا تقريباً سائل يدخل في تركيبه معدنا الصوديوم والبوتاسيوم .

هذا مع العلم ان هناك افراناً ذرية تستخدم غاز الكربون لنقل الحرارة او الماء الثقيل نفسه ، وتستعمل مضخة من نوع خاص اضخ السائل او الغاز المستعمل لنقل الحرارة ، حيث تتوفر في هذه المضخة شروط عديدة مثل عدم تأثرها بالمواد المشعة ، كما انها محـكمة بدقة كبيرة فلا تسمح لاي أثر من الغاز او السـائل بالتسرب منها الى الخارج .



شكل (١٧)

١١ — افران ذرية لتسيير وسائل النقل :

لقد امكن صنع افران ذرية لتسيير بعض وسائل النقل مثل الغواصـات والبواخر والقطارات ، والطاقة المحركة في هذه الوسائط هي الطاقة الذرية التي تستخدم في توليـد

البخار من اجل تدوير المحركات ، وبفضل استخدام الطاقة الذرية في الغـــواصات مزايا عديدة اهمهـــا ان كمية الوقود الذري اللازمة للسير صغيرة جداً بالنسبة الى الطاقة الكبيرة التي تنتج عنها ، وهذا ما يجعل الغواصة تسير مسافات طويلة قبل ان تقف من اجل امدادها بالوقود . ومن مزايا لوقود الذري الاخرى انه لايحتاج الى اوكسجين . هذا مع العلم ان وزن الغواصة الذرية (التي تسير على طاقة الذرة) أقل من وزن الغواصة العادية لعدم حاجتها الى كميات كبيرة من الوقود والى البطاريات الكهربائية اللازمة للانارة وطهي الطعام ولتسييرها وغير ذلك .

أما بالنسبة الى السيارات والطائرات فهناك عقبة وحيدة لاستخدام الافران الذرية فيها هي ثقل الفرن الذري نفسه ، ويحاول العلماء الآن ايجاد مواد خفيفة يصنع منهـــا الفرن ، بحيث تستطيع تحمل درجات الحرارة المرتفعة ، كما يعملون لتحقيق صنع طائرات نفاثة ذرية .

٢٢ — لقد استخدمت الاشعاعات الصادرة عن العنصر المشعة الطبيعية منذ امد ليس بعيد في بعض المعالجات الطبية ، فقد تبين ان لهذه الاشعاعات تأثيرات حيوية على الخلايا بصورة عامة ، وكانت هذه الاشعاعات تستخدم الى جانب الاشعة السينية في كثير من العلاجات مثل علاج السرطان .

الا ان الطب لم يعد يكتفي اليوم بالعناصر المشعة الطبيعية بل اخذ يستخدم النظائر المشعة الصنعية لمختلف العناصر الكيميائية في امور العلاج والتشخيص والدراسة .

لقد تبين ان الاشعاعات الثلاثة الفا و بيتا وغاما ليست متماثلة التأثير على الانسجة والخلايا فأشعة الفا لا تستخدم بصورة فعالة في الطب نظراً لقلة نفوذها من الانسجة ، لان دقائق هذه الاشعة تصدم بنوى الخلايا السطحية وتقف قبل ان تنفذ الى باطن النسج ، واشعة بيتا المؤلفة من الالكترونات السريعة يمكنها ان تجتاز سماكة لا بأس بها من المادة قبل ان تتناقص سرعتها وتقف ، فهي تستطيع ان تخترق مثلا سماكة سنتمتر واحد من نسيج عضوي وبصورة عامة تقف الالكترونات في اشعة بيتا بعد ان تجتاز ٢ مم من النحاس او ١ مم من الرصاص او الفضة ، وتستعمل أشعة بيتا لمعالجة النسج المريضة بغية شفائها وذلك بتعريض هذه النسج اليها بصورة مباشرة .

أما اشعة غاما التي تشبه الاشعة السينية في طبيعتها فهي عظيمة النفوذ وتستعمل في كثير من العلاجات الطبية وغيرها .

وتفصل هذه الاشعاعات الثلاثة عن بعضها بعد انطلاقها من العناصر المشعة بواسطة الساحة المغناطيسية أو الكهربائية (كما وجدنا) مع العلم ان هذا الفصل ليس له تأثير كبير من الناحيه الطبية اذ يمكن استخدامها مع بعضها .

٢٣ — **النظائر المشعة :**

ان النظائر المشعة في عناصر تشبه في خواصها الكيميائية العناصر العادية ولكن تختلف

عنها بكونها تشع بعض الاشعاعات الشبيهة باشعاعات الراديوم أو الاورانيوم (العناصر المشعة الطبيعية) كما ان وزنها الذري اكبر من الوزن الذري للنظائر العادية غير المشعة .

وقد تبين انه يمكن تحويل معظم العناصر العادية الى نظائرها المشعة بواسطة رجمها ببعض القذائف النووية المناسبة مثل النوترونات او البروتونات او الهيليونات او غيرها ، وتجري عملية القذف عادة باستخدام المسرعات التي تكلمنا عنها . كما ان الافران الذرية تختلف بعض العناصر المشعة فيها نتيجة لحدوث الانقسام النووي الذي يحصل في الوقود الذرى ضمن الفرن . ونستعرض فيما يلي بعض النظائر المشعة المستخدمة في الطب .

١ الفوسفور المشع $^{٣٢}_{١٥}P$:

تحوي نواة ذرة الفوسفور العادي غير المشع $^{٣١}_{١٥}P$ خمسة عشر بروتونا وستة عشر بروتوناً وعندما يرجم هذا الفوسفور بنوترونات سريعة يتشكل النظير $^{٣٢}_{١٥}P$ وهو غير ثابت اي عنصر مشع تطلق نواته الكترونات على شكل اشعة بيتا ويتحول الفوسفور المشع بهذه العملية الى الكبريت العادي ^{٣٢}S ، ويبلغ نصف عمر الفوسفور المشع $^{٣٢}_{١١}P$ ١٤٣ يوماً .

٢ — اليود المشع :

يوجد لليود ثلاثة نظائر مشعة : النظير ١٢٨ $I^{١٢٨}$ ونصف عمره ٢٥ دقيقة والنظير ١٣٠ ، $I^{١٣٠}$ ونصف عمره ١٢ ساعة ، والنظير ١٣١ ، $I^{١٣١}$ ونصف عمره يوم واحد . وتتشكل نظائر اليود المشع في السيكلوترون وذلك برجم عنصر التيلوريوم بالدوترونات (نوى الهيدروجين الثقيل ، ويظهر اليود $I^{١٣١}$ كذلك بين نواتج انقسام الاورانيوم حيث يتشكل بكميات كبيرة في الافران الذرية . أما اليود $I^{١٣٠}$ فلا يزال يصنع بواسطة السيكلوترون ، ويشع هذا النظير اشعة بيتا ، والنظير الاكثر استعمالاً هو اليود $I^{١٣١}$ نظراً لكبر نصف عمره بالنسبة للنظيرين الآخرين . ويشع أشعة بيتا وأشعة

غاما ويسهل الكشف عنه وتقدير كمياته بواسطة الاجهزة الحساسة تجاه الاشعاعات مثل عداد غايغر .

٣ – الصوديوم المشع Na^{24} :

ان النظير ٢٤ للصوديوم هو عنصر مشع ونصف عمره ١٤،٨ ساعـــة ويشع أشعة بيتـا وغـاما .

٤ – الكربون المشع Na^{24} :

يعتبر الكربون المشع أحسن أداة فعالة لدراسة مشكلة اصطناع المـواد العضوية ضمن الاجسام الحية لان الكربون يدخل في تركيب جميع المواد العضوية ، ويعطى الكربون المشع الى الجسم الحي على شكل مركبات غذائية ثم تدرس كيفية توزيع هذا الغـذاء في سائر انحاء الجسم والتغيرات التي تطرأ عليه ، لانه يمكن ملاحقة العناصر المشعة داخل الجسم بواسطة اجهزة الكشف التي تكشف عن الاشعاعات وتقدر كمية العنصر المشع .

٥ – الذهب المشع Au^{198} :

ويبلغ نصف عمره ٢،٧٣ يوماً ويستعمل بشكل محلول غروي على الاغلب في العـلاج الطـــبي .

٦ – الكوبالت المشع Co^{60} : الذي اخذ استعماله يحل محل استعمال الاورانيـوم في العلاجات الطبية لا سيما العلاج بالاشعة ، ويبلغ نصف عمره ٥،٣ سنة .

وهناك نظائر مشعة عديدة مثل السترنسيوم والمنغنيز وغيرها تستعمل كلها حالياً في الطب .

٢٤ – استخدام النظائر المشعة في الطب :

تستخدم النظائر المشعة في الطب لتحقيق ثلاث غايات : البحث العلمي وتشخيص بعض الامراض ثم العلاج :

أ تفيد النظائر المشعة في دراسة بعض العمليات الحيوية المعقدة التي تجري ضمن

الاجسام الحية ، لذلك تدخل هذه النظائر الى الجسم بشكل مركبات غير سامة او تعطي مع الاغذية ثم تلاحق في سيرها من خارج الجسم بواسطة العدادات والاجهزة التي تكشف عن سيرها وتجمعها في سيرها وتجمعها في سائر انحاء الجسم في الحالات المرضية ، ولاشك ان هذه الطريقة في البحث العلمي تنير السبيل الى تتبع عمليات التمثيل المعقدة ومعرفة نشاط وعمل كل غدة وكل عضو ، تلك الامور التي تتعذر معرفتها بالطرق الكيميائية العادية .

مثلا لدراسة نشاط الغدة الدرقية يعطي الجسم مركبات اليود المشع الذي يتمركز في الغدة الدرقية بصورة رئيسية ، ويمكن معرفة مقدار ما تمتصه الغدة ومقدار ما تطرحه من اليود بواسطة قياس شدة الاشعاعات الصادرة عن الغدة .

ب - يساعد استخدام بعض النظائر المشعة على تشخيص بعض الامراض ، لانه من المعلوم ان هناك بعض العناصر الكيميائية (كالصوديوم مثلا) تتوزع توزعاً منتظماً في بعض الاعضاء او الاجهزة أو في سوائل الخلايا في مختلف انحاء الجسم ، فاذا حصل خلل في توزيع هذة العناصر او في نسبة كميتها الى باقي المواد الاخرى دل ذلك على وجود بعض الاضطرابات .

لذلك تستخدم العناصر المشعة للكشف عن وجود مثل هذه الاضطرابات ، وقد طبقت هذه الطريقة في تحديد الخلايا السرطانية في دماغ مريض بدقة مدهشة .

ح - تستخدم النظائر المشعة ايضاً في العلاج ، إذ أن الاشعاعات الصادرة عنها تساعد على شفاء بعض الامراض وتكون المعالجة بالنظائر اما داخلية أو خارجية . فالمعالجة الداخلية تقتضي ادخال العناصر المشعة الى داخل الجسم عن طريق الجهاز الهضمي أو عن طريق الزرق في الاوردة او العضلات ، وأحياناً تحقن في الاورام الخبيثة مباشرة ويستخدم النظير المشع الملائم للغاية المرجوة منه ، اما المعالجة الخارجية فتوضع احياناً النظائر المشعة في حبيبات مغلقة توضع في بعض التجاويف مثل المثانة او الرحم ، أو توضع هذه النظائر في حيز مقفل يوضع على الجلد ، او تعرض أحياناً الانسجة المريضة الى الاشعاعات الصادرة عن بعض العناصر المشعة مثل الكوبالت المشع .

ولا يمكن استخدام النظائر المشعة في الطب الا اذا توفرت فيها بعض الشروط الضرورية :

١ — يجب ان تكون كل خصائص النظير المشع الكيميائية معروفة جداً .

٢ — يجب ان يكون نصف عمر النظير المشع لا هو بالقصير جداً ولا هو بالطويل ، فالقصير يحتم ان يكون المريض في مكان قريب من مكان انتاج هذا النظير حتى لا يفقد جزءاً كبيراً من نشاطه الاشعاعي في الفترة التي تمضي بين الحصول عليه وارساله الى المريض ، وفي هذا صعوبات كبيرة ويجب ان لا يزيد نصف عمر النظير المشع على العشرة أيام أو خمسة عشرة يوماً كي لا يتعرض الجسم الى المضاعفات التي تحدث من جراء وجود اشعاعات لفترة طويلة كنقص كريات الدم وحصول الاورام الخبيثة .

٣ — يجب ان يراعى عند اختيار النظير المشع ان يكون من النوع الذي يتركز في العضو او الاعضاء المراد علاجها وذلك مثل استخدام اليود المشع في امراض الغدة الدرقية نظراً لقدرتها على تركيز اليود في خلاياها ، واستخدام الفوسفور المشع في علاج بعض الاورام التي لها القدرة على تركيز الفوسفور في انسجتها .

هذا وقد أدى استخدام النظائر المشعة في الطب الى نتائج حسنة ومرضية في كثير من الحالات .

٢٥ — الذرة والزراعة :

ان النظائر المشعة تساعد كثيراً أيضاً في دراسة بعض العمليات الحيوية المعقدة التي تجري في النباتات مثل عمليات اصطناع المواد العضوية كالزيوت والمواد الدهمة والمواد السكرية وغيرها ، تلك المواد والمركبات التي يصنعها النبات في اعضائه واقسامه المختلفة مستعيناً بالماء والاملاح وغاز ثاني أكسيد الكربون ، ان سير معظم عمليات الاصطناع في النبات لا يزال مجهولا ، لذا تستخدم الان النظائر المشعة في صنع الاسمدة لاعطائها الى النبات ، وفي تهيئة جو من غاز ثاني اكسيد الكربون الذي يدخل الكربون المشع في تركيبه كي يمتصه النبات ويصنع منه مركبات عضوية مشعة ، ويمكن متابعة بعض العمليات في النبات بواسطة الاجهزة الحساسة التي تتابع سير النظائر المشعة فيها وتقدر كمياتها والتحولات التي تطرأ عليها .

اضف الى ذلك ان استخدام الاشعاعات الذرية ساعد كثيراً في القضاء على آفات كثيرة من آفات النباتات .

الوحدة الثانية

الكيمياء العضوية

الفصل الأول

الصفات العامة للمركبات العضوية

١ — موضوع الكيمياء العضوية .

٢ مبدأ التحليل العضوي الكيفي .

١ — موضوع الكيمياء العضوية

المواد العضوية واللاعضوية :

قسمت الكيمياء قديماً الى عضوية ولا عضوية ، تبحث الكيمياء العضوية في الموادالتي هي من اصل حيواني او نباتي . كالسكر والنشا والبولة والفول وحمض الخل وزلال البيض والدهون وصبغة النيـــلة والكافور .. الخ وتختص الكيمياء اللاعضوية في بحث المواد التي لا تتصف بالحياة ، كالماء ، والاوكسجين ، وملح الطعام وحمض الكبريت والمعادن وأكاسيدها وأملاحها ... الخ .

عمد الكيميائيون الاقدمون الى هذا التقسيم لانهم احاطوا المواد العضوية بهالة من التقديس والاحترام فابتعدوا عن تحضيرها في المخبر لاعتقادهم ان تركيبها يتطلب قوة خارقة ألا وهي قوة الحياة .

دام هذا التقسيم الى ان أشرق عام ١٨٢٨ ونجح العالم فوهلر Wohler في استحصال البولة التي يفرزها الحيوان بتسخين مزيج من كبريتات الامونيوم وسيانات البوتاسيوم وهما من المواد غير العضوية .

ولكن هل أفلح العالم فوهلر بتجربته هذه بالتأثير على اصحاب نظرية قوة الحياة كي يهجو نهجه ويؤيدوا مفهومه للمادة العضوية ؟ كلا ولم تحز تجربته الشهرة التي كانت تستحقها في ذلك الوقت ، لكنها فتحت منفذاً للتقصي والبحث ، فاهتدى العالم برتلو Berthelot حوالي عام ١٨٥٠ الى تحضير الغول من المواد غير العضوية ، وقضت التجارب المتتالية على المفهوم القديم والاعتقاد بالباطل بضرورة قوة الحياة في تكوين المواد العضوية .

بقيت بعد ذلك الكيمياء محافظة على التقسيم القديم ، ولم يتغير اسم الكيمياء العضوية بل تغير مدلولها . وتبين بالتحليل الكيمياني العضوي أن عنصر الكربون هو المكون الاساسي لجميع المركبات العضوية ، فلا تخلو مادة عضوية من الكربون الى جانب عناصر محدودة اخرى كالهيدروجين والاكسجين والآزوت وغيرها ، ويمكن اثبات وجود الكربون في كل مادة عضوية كالخبز والسكر وزلال البيض ... الخ . وذلك بتسخينها فتتحول الى كتلة سوداء من الكربون ، وبما ان الكربون هو العنصر الاساسي في تركيب المواد العضوية كلها ، اتفق على تعريف **الكيمياء العضوية بأنها الكيمياء التي تبحث في مركبات الكربون .**

لا يخلو هذا التعريف من مركبات كربونية شاذة لا تدخل في بحث المركبات العضوية كأول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون والكربونات والسيانور .

تقسيم المواد العضوية :

تنقسم المركبات العضوية بالنسبة للعناصر التي تدخل في تركيبها الى :

١ — مركبات تحوي على الكربون والهيدروجين فقط ، وتدعى مركبات الكربون الهيدروجينية كغاز الميتان CH_4 وغاز الاتيلين C_2H_4 وغاز الاستيلين C_2H_2 والبنزين C_6H_6 .. الخ .

٢ — مركبات تحوي على الكربون والهيدروجين والاكسجين كالغول المتيلي CH_3OH والاسيتون CH_3COCH_3 والاتير $C_2H_5OC_2H_5$ وحمض الخل CH_3COOH .. الخ .

٣ — مركبات تحوي على الكربون والهيدروجين والآزوت كالانيلين $C_6H_5NH_2$ والمتيل أمين CH_3NH_2 والنيكوتين $C_{10}H_{14}N_2$ ... الخ .

٤ — مركبات تحوي على الكربون والهيدروجين والاكسجين والآزوت كالبولة $CO<^{NH_2}_{NH_2}$ والكينين $C_{10}H_{14}N_2O$ وغيرها .

٥ - مركبات تحوي على الكربون والهيدروجين والاكسجين والآزوت والكبريت كزلال البيض .

٦ مركبات تدخل في تركيبها الهالوجينات كالكلوروفورم $CHCl_3$.

٧ — مركبات تدخل في تركيبها المعادن كالزئبق في المركرو كروم والزرنيخ في بعض الادوية .

بعض الصفات العامة للمركبات العضوية وتفاعلاتها .

ان الصفات التي سنذكرها تؤيد فكرة فرد بحث خاص للكيمياء العضوية :

١ - الكربون يشكل الهيكل الاساسي في جميع المركبات العضوية التي عرفمنها حتى الآن حوالي ٧٠٠٠٠٠ مركب ولا يزال هذا العدد في نمو مستمر والى جانب الكربون يدخل في تركيبها عدد محدود من العناصر كالهيدروجين والاكسجين والآزوت وتحوي أحياناً على الهالوجينات والكبريت والفسفور وبعض المعادن كالزئبق والحديد .

٢ - لا تتحمل المركبات العضوية درجات الحرارة العالية بل يتحلل معظمها قبل الوصول الى الدرجة ٥٠٠° م ، بعكس كثير من المواد اللاعضوية التي تتحمل درجات أعلى من الحرارة . فالمواد الدسمة كالزيوت والدهون تتخرب وتتحلل حوالي الدرجة ٣٠٠° م ، وتتصاعد منها أبخرة قابلة للاشتعال .

٣ — التفاعلات العضوية بطيئة وجزئية ومعقدة ولا تنشر كمية كبيرة من الحرارة ، فتفاعل الغول العادي مع حمض الخل يستغرق زمناً طويلا بالنسبة لتفاعلات المواد اللاعضوية كتفاعل حمض كلور الماء مع الصود . واذا وضع حمض الخل مع الغول الايتلي يتفاعل الجسمان وينشأ عن التفاعل خلات الاتيل ويلاحظ بعد انتهاء التفاعل انه لا يزال يوجد قسم

من حمض الخل الى جانب الغول ، أي أن التفاعل جزئي لا يستهلك مواد التفاعل كلها .
كذلك يتحول محلول سكر العنب الى حمض الخل مثلا بالتخمر الخلي في فترة طويلة تتراوح بين ١٢—٠٠٤ يوماً وتحصل أثناء ذلك تفاعلات معقدة جداً .

٤ - تؤلف مجموعة المركبات العضوية رموزاً تتصف كل زمرة منها بصفات كيميائية مشتركة كزمرة الاغوال وزمرة الحموض وزمرة الامينات وزمرة الماثيات الكربونية فنقول ان لافراد كل زمرة من هذه الزمر وظيفة كيميائية واحدة . وتكفي عندئذ دراسة مركب واحد من الزمرة كي نلم بالصفات العامة المركبات التي لها نفس الوظيفة الكيميائية،

٥ - تتصف المركبات العضوية بظاهرة التماكب وهي وجود عدد من المركبات العضوية المختلفة في صفاتها والتي لها نفس الصيغة المجملة . فمثلا يشترك الغول الاتيلي واتير المتيل بالصيغة C_2H_6O رغم ان صفاتها متباينة كل التباين . ولتمييزهما عن بعضهما يلجأ الى الصيغ المفصلة (المنشورة) وتكتب صيغة الغول الاتيلي بالشكل CH_3CH_2OH وصيغة اتير الميتل CH_3OCH_3 .

٦ - كثيراً ما يحدث في الكيمياء العضوية ان صيغة مركب من مركباتها تكون اضعاف صيغة مركب آخر فمثلا صيغة البنزين C_6H_6 ثلاثة اضعاف صيغة الاستيلين C_2H_2 أي $(C_2H_2)_3$ تدعى هذه العملية بالتضاعف ، والبوتادئين C_4H_6 يتضاعف ويعطي المطاط الصناعي $(C_4H_6)n$.

اهمية المواد العضوية :

لا تقتصر أهمية المواد العضوية على مجال من المجالات ، بل تسام في تطوير الحياة البشرية من نواحي عديدة .

ان الموارد الطبيعية العديدة أمدت الانسان بكثير من المواد العضوية فاستخدمها في طعامه وشرابه كالمواد الزلالية والبروتيئينية والسكرية والخمور ... الخ وانتفع من القطن والكتان والحرير الطبيعي في كسائه . واستخلص العقاقير من النباتات كالكينين والنيكوتين والمورفين ، واستثمر البترول من ينابيعه واستعمل نواتجه الهامة كالغازولين في

السيارات والطيارات والبرافين في صناعة الشموع ، والفازلين في التطرية والكروسين في المنازل .

وهناك كثير من المواد العضوية لا سبيل الى حصرها كالمطاط الطبيعي والعطور والمواد الملونة التي يحصل عليها من النباتات او من افرازات بعض انواع القواقع البحرية .

لم يكتف العلماء بالمواد العضوية الطبيعية بل عكفوا من الدراسة والبحث فحللوا المواد العضوية وعرفوا تركيبها واصطفوا كثيراً منها مع مركبات جديدة في مخابرهم كالمطاط الصناعي واللدائن والمنسوجات الصناعية كالحرير والنايلون . فاستفادت المصانع من خبرتهم وأخذت تنتج هذه المواد بكميات كبيرة وأصبحت تباع في الاسواق باسعار معتدلة ، فتمكن الغني والفقير من شرائها .

وقضى اصطناع المواد الملونة المتنوعة على استعمال الاصبغة الطبيعية اذ فاقتها بالتنـــوع والكثرة وامتازت عليها بثباتها ورخص ثمنها .

وخفضت الادوية الاصطناعية كثيراً من الآلام كالاسبرين والكلوروفورم ومركبات السلفا والبنسلين والستربتوميسين الاكروميسين والفيتامينات والهرمونات .

كما وفرت المواد المتفجرة على العمال كثيراً من الجهد والعناء فاستعملت في شق الطرق وحفر الانفاق وقطع الاحجار .

ولا يزال العلماء بجهودهم الجبارة وافكارهم النيرة يقدمون للانسان سيلا وافراً من المواد العضوية الجديدة ، وهم يأملون ان يستعملها في المجالات السلمية .

٢ — مبدأ التحليل العضوي الكيفي

المواد العضوية والمواد المتعضية

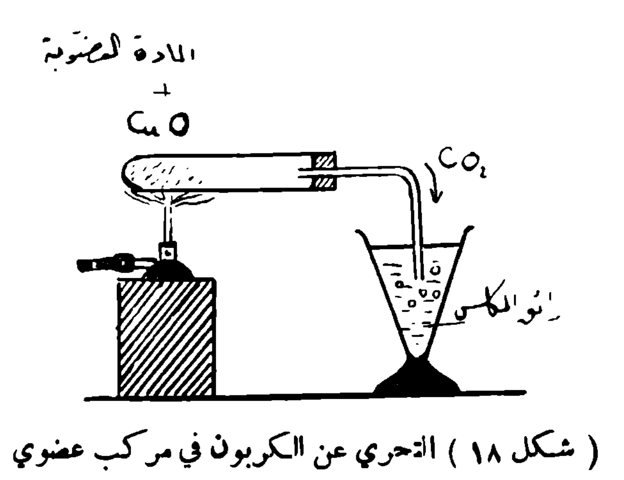
المواد المتعضية هي المواد التي تتركب منها الانسجة الحيوانية والنباتية كالدم والعظم والقمح .. الخ . وهي تتألف من مواد عضوية ولا عضوية فالعظم مثلا يحوي العظمين من المواد العضوية ... الخ وكاربونات الكالسيوم وفسفات الكالسيوم الثـــلاثية من المـواد اللاعضوية ويمكن تحليل المواد المتعضية واستخراج المواد العضوية منها .

تتركب المواد العضوية بدورهـا من عناصر بسيطة يمكن كشفها بواسطة التحليـل الكيفي الذي يؤدي الى معرفة العناصر دون نسبها الى المادة .

الكشف عن العناصر الهامة في المواد العضوية

أ ــ الكربون :

اذا كان المركب غنياً بالكربون كالسكر والنشا شوهدت ذرات الكربون بالعين عند احتراقه احتراقاً غير تام ، واذا احترقت المادة العضوية احتراقاً تاماً تحول الكربون فيها الى ثاني أكسيد الكربون لذلك تمزج المادة العضوية بأكسيد النحاس (١٨) .



(شكل ١٨) التحري عن الكربون في مركب عضوي

وتسخن فينطلق ثاني اكسيد الكربون :

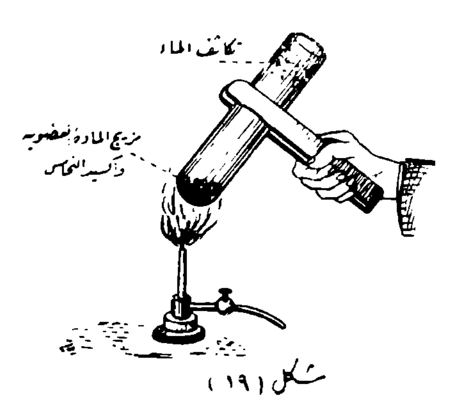
$$2CuO \longrightarrow 2Cu + CO_2$$

يمرر هذا الغاز في رائق الكلس الذي يتعكر لتشكل كربونات الكالسيوم غير الذائبة

$$CO_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CO_3Ca + H_2O$$

ب ـ الهيدروجين :

ان احتراق أو أكسدة المادة العضوية يحول الهيدروجين الى ماء، لذلك تجفف المادة العضوية تماماً ، ثم تسخن مع أكسيد النحاس الجاف شكل (٢) فينطلق بخار الماء إذا



شكل (١٩) التحري عن الهيدروجين في مركب عضوي

احتوت المادة العضوية على الهيدروجين وتمكن رؤية الماء المتكاثف على جدار الانبوب الحاوي على المادة المتحللة .

$$CuO + H_2 \longrightarrow Cu + H_2O$$

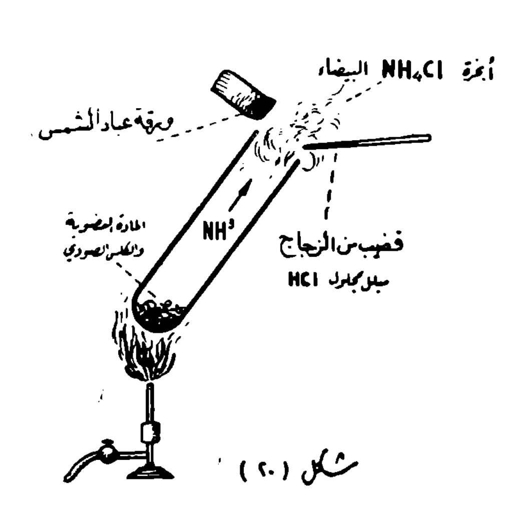
جـ ـ الآزوت :

يعمد في الكشف عن الآزوت الى تحويل الآزوت الى غاز النشادر أو السيانور .

تسخن المادة العضوية كالبولة مع الكلس الصودي (الكلس الحي المشرب بماءات الصوديوم) شكل (٣) فاذا احتوت الآزوت تحول الى غاز النشادر ، ويمكن معرفة هذا الاخير من رائحته . او بتغييره لون عباد الشمس من الاحمر الى الازرق ، أو بتقريب قضيب زجاجي مبلل بحمض كلور الماء من الغاز المنطلق فيتشكل ضباب أبيض من كلور النشادر .

لا تنجح هـذه الطريقـة في كل المركبات العضوية الحاوية على الآزوت لذلك يحول الآزوت الى سيانور . تسخن المادة الجافة مع الصوديوم فيتحد الكربون والآزوت مع

الصوديوم ويتشكل سيانور الصوديوم NaCN . ثم يضاف الماء المقطر فينحل السيانور ويرشح المحلول . تؤخذ الرشاحة وتسخن الى درجة الغليان مع كبريتات الحديدي وكلور الحديد، وبعد التبريد تضاف بضع نقاط من حمض كلور الماء لتعديل ماءات الصوديوم الزائدة ، وبذلك يتشكل راسب شديد الزرقة يدعى بأزرق بروسيا .



شكل (١٠) التحري عن الآزوت بواسطة الكلس الصودي

د ـ الاكسجين :

تجفف المادة العضوية جيداً وتسخن بمعزل عن الهواء فاذا احتوت على الاكسجين اتحد مع الكربون وشكل ثاني أكسيد الكربون أو اتحد مع الهيدروجين وشكل بخار الماء الذي يتكاثف على جدار الانبوب .

الكربون وعلاقته بالمركبات العضوية

١ ــ الروابط المشتركة البسيطة والمضاعفة والثلاثية .

٢ ــ السلاسل الكربونية المفتوحة والمغلقة .

١ ــ الروابط البسيطة المشتركة والمضاعفة والثلاثية

لقد درست في الوحدة الاولى بنية الذرة ، وعلمت أن عدد الالكترونات التي تحيط بالنواة يختلف من عنصر لآخر ، وأن العنصر يميل الى اكمال طبقته الالكترونية السطحية كي يصبح عنصراً مستقراً ، ففي كل العناصر تتم الطبقة السطحية بثمانية الكترونات ، اما في كل من الهيدروجين والهيليوم فان الطبقة السطحية تتم بالكترونين فقط .

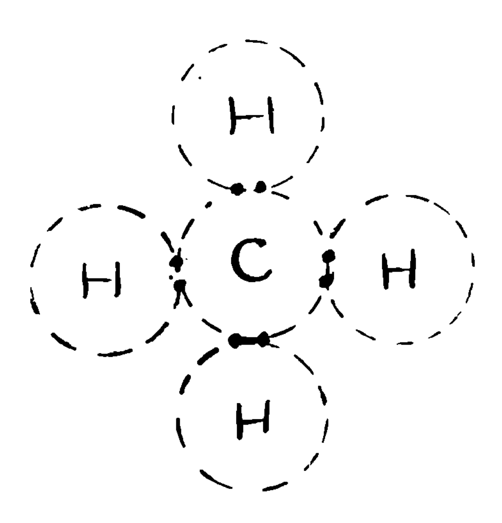
وعلمت ان الذرات في الاجسام المركبة ترتبط ببعضها البعض بروابط على نوعين ، روابط ايونية وروابط مشتركة (تساهمية) . ويهمنا في الكيمياء العضوية الروابط المشتركة بصورة خاصة .

الروابط المشتركة البسيطة :

ان الكربون في المركبات العضوية يرتبط في العناصر الاخرى بروابط مشتركة كما في الميثان CH_4 فذرة الكربون تحوي أربعة الكترونات سطحية ، وتحتاج الى أربعة الكترونات لاكمال طبقتها السطحية فهي رباعية القيمة الاتحادية ، وبما ان ذرة الهيدروجين تحتاج الى الكترون واحد كما رأينا لاتمام طبقتها السطحية فهي أحادية القيمة الاتحادية ، وان أربعة ذرات من الهيدروجين تشترك مع ذرة من الكربون لتكوين مركب ثابت وهو الميثان ، وتكتب صيغة الميثان المفصلة كما يلي :

```
    H                    H
    |                    ..
H - C - H     أو     H : C : H
    |                    ..
    H                    H
```

حيث تمثل النقاط الالكترونات السطحية فقط ، فكل ذرة هيدروجين اشتركت مع ذرة كربون بزوج من الالكترونات أي برابطة مشتركة بسيطة كما في الشكل التالي :



(شكل ٢١) صورة مبسطة لاتحاد ذرة الكربون مع ذرات الهيدروجين

ويمكن لذرة الكربون ان ترتبط مع ذرة اخرى أو عدة ذرات من الكربون كما في الايتان :

```
  H   H                    H   H
  |   |                    ..  ..
H-C - C-H     أو       H : C : C:H
  |   |                    ..  ..
  H   H                    H   H
```

ترتبط ذرة من الكربون بذرة أخرى وتشترك معها بالكترونين سطحيين احدهما من الذرة الاولى وثانيهما على الذرة الثانية ، وتتصل كل ذرة من الذرتين بثلاثة ذرات من الهيدروجين لتشكيل الايتان . نلاحظ في هذا المركب أن كل ذرة كربون تحوي في

طبقتها السطحية على ثمانية الكترونات وكل ذرة هيدروجين تحوي في طبقتها السطحية على الكترونين .

أما في البروبان فتتصل ثلاثة ذرات من الكربون بنفس الطريقة .

```
  H   H   H                          H   H   H
  ..  ..  ..                         |   |   |
H:C:  C:  C:H          أو         H-C - C - C-H
  ..  ..  ..                         |   |   |
  H   H   H                          H   H   H
```

الروابط المشتركة المضاعفة :

هناك امكانية أخرى في اتحـــاد ذرات الكربون مع بعضهـا وهي اشتراك أربعـــة الكترونات بين ذرتي الكربون كما في الاتيلين :

```
  H     H                      H     H
  ..    ..          أو         ..    ..
H:C:    :C:H                 H - C = C - H
```

في المثال السابق يشترك الكترونان من ذرة الكربون الاولى مع الكترونين من ذرة الكربون الثانيـة ويصبح بينها أربعة الكترونات مشتركة ، تدعى الرابطة الممثلة بأربعـة الكترونات مشتركة بالرابطة المشتركة المضاعفة ويرمز اليها بخطين = كما هـــو واضح في صيغة الاتيلين .

ان الرابطة المضاعفة ليست رابطة متينة كما يتبادر الى الذهن لاول وهلة بل على العكس هي رابطة ضعيفة سرعان ما تنفك وتعود الى الرابطة البسيطة . والمركبات التي تحوي على روابط مضاعفة هي مركبـات غير مشبعـة تميل دوماً الى ضم عناصر اخرى . فجزيء الاتيلين يضم ذرتين من الهيدروجين بظروف مناسبة ويتحول الى الايتان وهو من المركبات المشبعة .

```
  H     H                            H   H
  |     |                            |   |
H - C = C - H  +  H₂  →            H - C - C - H
                                     |   |
                                     H   H
```

الروابط المشتركة الثلاثية :

تتحد في بعض الاحيان ذرتان من الكربون مع بعضها بثلاثة أزواج من الالكترونات كما في الاستيلين .

$$H-C\equiv C-H \text{ أو } H:C:::C:H$$

يدعى هذا النوع من الروابط بالروابط الثلاثية ، وتتألف من ستة الكترونات مشتركة نصفها من ذرة الكربون الاولى والنصف الثاني من الذرة الاخرى .

تميل المركبات التي تحوي روابط ثلاثية الى تفاعلات الضم كما هي الحال في المركبات التي تحوي الروابط المختلفة لأن الروابط الأحادية هي أقوى الروابط وأبسطها .

ويلاحظ أن الكربون في جميع مركباته المشبعة وغير المشبعة يحافظ على قيمته الاتحادية الرباعية .

٢ — السلاسل الكربونية المفتوحة والمغلقة

ان ذرات الكربون في المركبات العضوية ترتبط مع بعضها كما ترتبط حلقات السلسلة لذلك تدعى بالسلسلة الكربونية . فاما أن تكون هذه السلسلة مستقيمة وبسيطة أو مستقيمة ومتفرعة كما في البروبان والبوتان غير النظامي على الترتيب :

```
    H   H   H                H   H   H
    |   |   |                |   |   |
H - C - C - C - H        H - C - C - C - H
    |   |   |                |   |   |
    H   |   H                H   H   H
    H - C - H
        |
        H
```

بوتان غير نظامي   بروبان

يلاحظ ان طرفي سلسلة الكربون غير مرتبطين مع بعضها في المثالين السابقين فتدعى السلاسل التي من هذا الشكل بالسلاسل الكربونية المفتوحة .

اما اذا ارتبطت ذرات الكربون وشكلت منحنياً مغلقاً اطلق عليها اسم السلاسل الكربونية المغلقة كما في البنزين والانيلين .

$$\begin{array}{ccccc} & & H & & \\ & & | & & \\ & & C & & \\ & \diagup & & \diagdown\!\!\diagdown & \\ H-C & & & & C-NH_2 \\ \| & & & & | \\ H-C & & & & C-H \\ & \diagdown & & \diagup\!\!\diagup & \\ & & C & & \\ & & | & & \\ & & H & & \end{array}$$

أنيلين

$$\begin{array}{ccccc} & & H & & \\ & & | & & \\ & & C & & \\ & \diagup & & \diagdown\!\!\diagdown & \\ H-C & & & & C-H \\ \| & & & & | \\ H-C & & & & C-H \\ & \diagdown & & \diagup\!\!\diagup & \\ & & C & & \\ & & | & & \\ & & H & & \end{array}$$

بنزين

* * *

الفصل الثاني

الوظائف الكيميائية العضويـة

الوظيفة الكيميائية العضوية :

تقسم المواد العضوية كما ذكرنا الى زمر مثل زمرة الاغوال وزمرة الحموض وزمرة الامينات وزمرة السيتونات وزمرة الالدهيدات . . . الخ . يتصف أفراد كل زمرة من هذه الزمر بخواص كيميائية متشابهة ، تدعى مجموعة هذه الخواص لكل زمرة بالوظيفة الكيميائية .

ان التشابه في الخواص الكيميائية لافراد الزمرة الواحدة يعود الى وجود مجموعة من الذرات في جزيء كل منها يسمى بالجذر الوظيفي كجذر الهيدروكسيل OH— الذي يوجد في جزيئات جميع الاغوال وهو الذي يكسبها جميع الخواص الكيميائية المشتركة التي تؤلف الوظيفة الغولية . واليك بعض افراد زمرة الاغوال :

غول متيلي $CH_3 - OH$

غول اتيلي $C_2H_5 - OH$

غول بروبيلي $C_3H_7 - OH$

وتحوي زمرة الحموض على جذر الكاربوكسيل COOH — الذي يوجد في جزيئات جميع الحموض العضوية ويكسبها الخواص الكيميائية المشتركة التي تؤلف الوظيفة الحمضية ، كما في الامثلة التالية :

حمض النمل $H - COOH$

حمض الخل $CH_3 - COOH$

حمض الزيت $C_{17}H_{33} - COOH$

وما ذكر من أجل الوظيفة الغولية والوظيفة الحمضية صحيح من اجل الوظائف الكيميائية الاخرى ويمكننا القول بصورة عامة :

اذا جمعت الخواص الكيميائية بين عدد من الاجسام العضوية كان لها وظيفة كيميائية واحدة وكان في صيغتها قسم دعوناه بالقسم الوظيفي لا بد من وجوده ، على نفس الشكل ، في من منها . وبالمقابل متى وجد هذا القسم الوظيفي في صيغة جسم ما حكم انه من تلك الزمرة وله تلك الوظيفة .

وتتميز زمرة الالدهيدات بالجذر الوظيفي CHO — ومن افراد هذه الزمرة :

الفورمول $H - CHO$

الاهيد الاتيلي $CH_3 - CHO$

وأخيراً نذكر زمرة الامينات التي تشترك بالقسم الوظيفي NH_2 - كما في الاجسام التالية :

المتيل أمين $CH_3 - NH_2$

الاتيل أمين $C_2H_5 - NH_2$

الأنيلين $C_6H_5 - HN_2$

دراسة بعض الوظائف الكيميائية العضوية

١ — الوظيفة الغولية .

٢ — الوظيفة الحمضية .

١ ـ الوظيفة الغولية

ان لمركبات الزمرة الغولية صيغة عامة من الشكل $CnH2n + 1\ OH$ (يدل $_n$ على عدد ذرات الكربون) . فالجذر الهيدروكسيلي OH - يؤلف قسمها الوظيفي ، فلو جعلت $n = 1$, $n = 2$, $n = 3$ . . . الخ لحصلت بالترتيب على :

ميتانول (غول متيلي) $CH_3 - OH$

ايتانول (غول اتيلي) $C_2H_5 - OH$

بروبانول (غول بروبيلي) $C_3H_7 - ON$

بوتانول (غول بوتيلي) $C_4H_9 - OH$

فالميتانول يحوي على جذر هيدروكسيلي مرتبط بجذر كربون هيدروجيني CH_3 - يسمى بجذر المتيل وهو أحادي القيمة الاتحادية ، ولهذا السبب يدعى الميتانول بغول المتيل .
اما الايتانول فيحوي الى جانب الجذر الهيدروكسيلي جذر كربون هيدروجيني C_2H_5 ــ وحيد القيمة الاتحادية يدعى بجذر الاتيل ، فيسمى الايتانول غول الاتيلي ، وهكذا بالنسبة للبروبانول والبوتانول وغيرهما ، وبصورة عامة ندعو جذر الكربون الهيدروجيني ألكيل .

فلو رمزنا لجذر الكربون الهيدروجيني وحيدالقيمة الاتحادية كجذر المتيل CH_3 ــ وجذر الاتيل C_2H_5ــ . . . الخ ، بالرمز R ــ لاصبحت صيغة الاغوال العامة بالشكل :

$$R - OH$$

بعض الصفات المشتركة للاغوال :

١ ــ تتفاعل الاغوال مع الحموض المعدنية وتشكل اتيرات ملحية :

$$R - OH + ClH \longrightarrow Cl - R + H_2O$$

وهذا التفاعل يشبه تفاعل الاسس مع الحموض في الكيمياء اللاعضوية كتفاعل ماءات الصوديوم مع حمض كلور الماء .

$$NaOH + ClH \longrightarrow ClNa + H_2O$$

ومن هذين التفاعلين يتبين لك ان الغول يشبه الاساس ولا تعتبر الاغوال من الاسس لانها لا تؤثر في محلول عباد الشمس الاحمر ، ولا تمرر التيار الكهربائي .

وتتفاعل الاغوال مع الحموض العضوية وتعطي استرات :

ماء + استر ⇄ حمض عضوي + غول

$$R - OH + CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3\text{-}COO\text{-}R + H_2O$$

٢ — تتفاعل الاغوال مع الصوديوم فيتشكل غولات الصوديوم و ينطلق الهيدروجين

$$_2R\text{-} OH + {}_2Na \longrightarrow {}_2R - O - Na + H_2 \nearrow$$

لاحظ التشابه بين التفاعل السابق وتفاعل الصوديوم مع حمض كلور الماء

$$_2ClH + {}_2Na \longrightarrow {}_2Cl\,Na + H_2 \nearrow$$

يتبين لك ان الغول يسلك سلوك الحمض ومع ذلك لا يعتبر من الحموض لانه لا يؤثر في محلول عباد الشمس الازرق ولا يمرر التيار الكهربائي .

٣ — يمكن انتزاع جزء من الماء من الاغوال فتعطي اتيرا كسيدي او كربون هيدروجيني غير مشبع بحسب شروط التجربة ، فالغول البروبيلي يعطي اما ثاني بروبيل الاتير او بروبيلين كما في التفاعلين التاليين:

$$2\,CH_3 - CH_2\text{-}CH_2OH \longrightarrow CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}O\text{-}CH_2CH_2\text{-}CH_3 + H_2O$$

$$CH_3\text{-}CH_2 - CH_2OH \longrightarrow CH_3 - CH = CH_2 + H_2O$$

٤ — تتأكسد الاغوال وتعطي مركبات مختلفة بحسب شروط التجربة . وهنا نميز ثلاثة أنواع من الاغوال بحسب نواتج الاكسدة :

أ ـــ الاغوال الاولية صيغتها العامة $R-CH_2OH$ ويؤلف CH_2OH ــ قسمها الوظيفي نرى ان هذه الصيغة العامة تنطبق على صيغة الغول الاتيلي عند كتابته بالشكل CH_3-CH_2OH وعند اكسدتها تعطي ألدهيداً ثم حمضاً . وتتم الاكسدة بمؤكسد قوي كثاني كرومات البوتاسيوم او بالهواء مع التسخين ووجود وسيط أو بالهواء مع بعض الخمائر .

$$R-CH_2OH + O \longrightarrow R - CHO + H_2O$$

الدهيد

$$R-CHO + O \longrightarrow R - COOH$$

حمض

ب ــ الاغوال الثانوية صيغتها العامة $\frac{R'}{R}>CHOH$ (يدل R' على ألكيل أيضاً) وقسمها الوظيفي $>CHOH<$

ان الغول البروبيلي من الاغوال الثانوية فصيغته $\frac{CH_3}{CH_3}>CHOH$ تنطبق تماماً على الصيغة العامة .

فاذا تأكسد الغول الثانوي اعطى مركباً سيتونياً يحوي على القسم الوظيفي $>CO$:

$$\frac{R}{R'}>CHOH + O \longrightarrow \frac{R}{R'}>CO + H_2O$$

جـ ــ الاغوال الثلاثية صيغتها العامة :

$\begin{matrix}R\\R'\\R''\end{matrix}\Big\} C-OH$ (يدل كل من R' و R'' على ألكيل أيضاً) وقسمها الوظيفي $C-OH$

ومن الاغوال الثلاثية : غول البوتيل الثلاثي $\begin{matrix}CH_3\\CH_3\\CH_3\end{matrix}\Big\} C-OH$

تتأكسد الاغوال الثلاثية بصعوبة ولكن عندا كسدتها تتحطم جزئياتها لتعطي حموضاً مختلفة .

لاحظ ان الجذر الهيدروكسيلي في الاغوال الآحادية يرتبط بكربون اولي يتصل بذرتي هيدروجين وجذر ألكيلي . وفي الاغوال الثانويـة يرتبط الجـذر الهيدروكسيلي بكربون ثانوي أي يرتبط بذرة هيدروجين واحدةوجذرين الكيليين متشابهين أو مختلفين أما في الأغوال الثلاثية فيرتبطالجذر الهيدروكسيلي بذرة كربون ثلاثي أي لايتصل بأية ذرة هيدروجين بل يرتبط بثلاثة جذور الكيلية متشابهة أو مختلفة .

تعدد الوظيفة الغولية :

هناك أغوال تحوي اكثر من جذر هيدروكسيلي واحد تسمى الاغوال المتعددة الوظيفة الغولية فالغليكول ثنائي الوظيفة الغولية وصيغته :

$$\begin{array}{l} CH_2\ OH \\ | \\ CH_2\ OH \end{array}$$

والحلوين الثلاثي الوظيفة الغولية كما يتبين من صيغته :

$$\begin{array}{l} CH_2\ OH \\ | \\ CH_2\ OH \\ | \\ CH_2\ OH \end{array}$$

وسندرس فيما يلي الغول الاتيلي بصورة مفصلة كتطبيق على الوظيفة الغولية .

الغول الاتيلي

صيغته :

ان الصيغة المجملة للغول الاتيلي C_2H_6O لا تعطي صورة واضحة عن صفاته . ولابراز قسمها الوظيفي يلجأ الى بعض تفاعلاته الكيميائية ، وتكتب صيغته المفصلة على ضوء هذه التفاعلات مع مراعاة القيم الاتحادية للعناصر عند ارتباطها مع بعضها :

$$
\begin{array}{ccccc}
 & H & & H & \\
 & | & & | & \\
H - & C & - & C & -O-H \\
 & | & & | & \\
 & H & & H &
\end{array}
$$

لاحظ ان الكربون يرتبط بأربعة أربطة والهيدروجين برباط واحد والأكسجين برباطين . ويمكن تبسيط هذه الصيغة المفصلة وكتابتها بالشكل :

$$CH_3 - CH_2 - OH$$

خواصه الفيزيائية :

الغول النقي أو المطلق سائل بدون لون ، رائحة مقبولة وطعم محرق ، يتجمد في الدرجة — ١١٤° ويغلي في الدرجة ٧٨٫٣٥°م تحت الضغط النظامي ، وزنه النوعي ٠٫٧٩ غ/سم³ . في الدرجة ١٥°م .

يمتزج الغول مع الماء بأية نسبة ويرافق هذا الامتزاج نقصان في حجمه وانتشار كمية ضئيلة من الحرارة ، ويمكن معرفة حجم الغول في مزيج من الماء والغول بمقياس الغول Alcoomètre ، وتقرأ نسبة الغول مباشرة عند وضعه في السائل . واذا قرأت مثلا الرقم ١٨ فمعنى ذلك أن درجة الغول ١٨° أي يوجد ١٨ سم³ من الغول في ١٠٠ سم³ من المزيج .

ومن أهم خواصه الفيزيائية قدرته على إذابة كثير من المواد كاليود (صبغة اليود) والكافور والراتنجات (صناعة الورنيش) والعطور (ماء الكلونيا) .

خواصه الكيميائية :

١ — احتراقه :

يحترق الغول في الاكسجين أو الهواء بلهب غير مضيء ويتشكل بخار الماء وثاني أكسيد الكربون .

$$CH_3CH_2OH + 3\ O_2 \rightarrow 2\ CO_2 + 3\ H_2O$$

وينتشر عند احتراق الغول كمية كبيرة من الحرارة لذلك يستعمل كوقود .

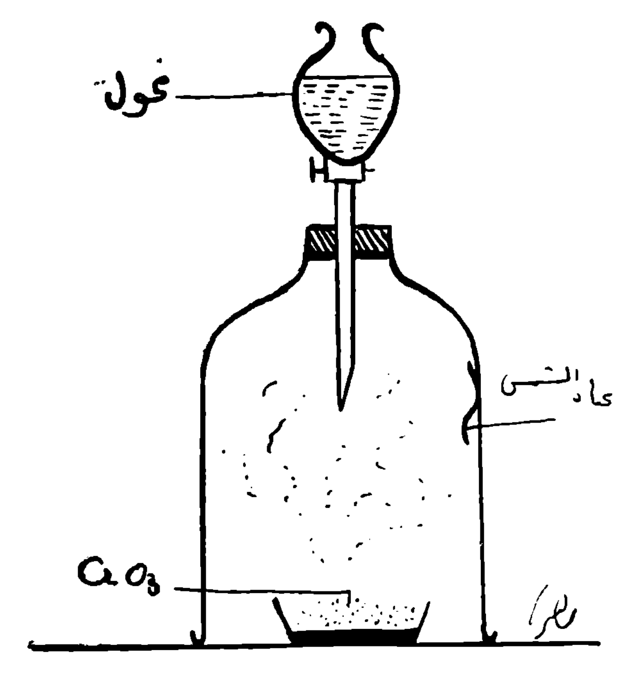
٢ - أكسدته :

يتأكسد الغول الاتيلي بالهواء وبوجود وسيط ، أو بالمؤكسدات القوية ويعطي أسيت ألدهيد ثم حمض خل :

$$CH_3CH_2OH + O \rightarrow CH_3CHO + H_2O$$
$$CH_3CHO + O \rightarrow CH_3COOH$$

تجربة :

ضع قليلا من بلا ماء الكروم Cr_2O_3 في جفنة صغيرة وادخلها تحت ناقوس شكل(٢٢) .



شكل (٢٢) تأكسد الغول بواسطة بلاماء الكروم

ثبت على جدار الناقوس الداخلي ورقة من عباد الشمس الازرق . صب ببطء بواسطة القمع بضعة سنتمترات مكعبة من الغول الاتيلي فوق الجفنة فيحدث تفاعل شديد وتنفجر أبخرة تلون عباد الشمس الازرق باللون الاحمر . اذن فهي أبخرة تحوي على حمض الخل . وينقلب لون بلاماء الكروم الاحمر الى اللون الاخضر وهو لون أكسيد الكروم CrO_3 .

وللكشف عن الألدهيد ، اقلب الناقوس فتشم رائحة الألدهيد ممتزجة مع رائحة حمض الخل :

٣ – تأثير الصوديوم :

يتفاعل الغول المطلق مع الصوديوم وينشر غاز الهيدروجين وتتكون إيتلات الصوديوم .

$$2\ C_2H_5OH + 2\ Na \longrightarrow 2\ C_2H_5ONa + H_2 \nearrow$$

تحل ذرة الصوديوم محل الهيدروجين ولو أضيفت كميات جديدة من الصوديوم على الناتج المذكور لما تبادل مع ذرات الهيدروجين الاخرى في جزيء الغول . لذلك تفرد هذه الذرة عن بقية الذرات عند كتابة صيغة الغول .

تأثير الحموض المعدنية :

يتفاعل الغول الاتيلي مع حمض الكبريت المركز ويعطي نواتج مختلفة حسب درجة الحرارة . فاذا سخن المزيج الى درجة ٨٠°م ينتج كبريتات الاتيل الحامضة وماء .

$$C_2H_5OH + SO_4H_2 \rightleftharpoons SO_4HC_2H_5 + H_2O \qquad 1$$

واذا استمر التسخين وارتفعت درجة الحرارة الى حوالي الدرجة ١٤٠°م تفاعلت كبريتات الاتيل الحامضة مع الغول الاتيلي ونتج الاتير العادي (أكسيد الاتيل) .

$$SO_4HC_2H_5 + C_2H_5OH \longrightarrow C_2H_5OC_2H_5 + SO_4H_2 \qquad 2$$

$$3)\quad SO_4HC_2H_5 \longrightarrow SO_4H_2 + C_2H_4$$

ان حمض الكبريت الذي دخل في التفاعل الاول ظهر مع نواتج التفاعلين الثاني والثالث ، ويمكن ان نختصر التفاعلين الاول والثاني فنكتب التفاعل النهائي كما يلي :

$$2\ C_2H_5OH \xrightarrow{SO_4H_2} C_2H_5OC_2H_5 + H_2O$$

ونكتب التفاعل النهائي للتفاعلين الاول والثالث بالشكل الآتي :

$$C_2H_5OH \xrightarrow{SO_4H_2} C_2H_4 + H_2O$$

٥ — تأثير الحموض العضوية :

يتفاعل الغول الاتيلي مع الحموض العضوية ويعطي استرات . لذلك يسمى هذا التفاعل بالاسترة ، فمع حمض الخل CH_3COOH يعطي خلات الاتيل ويمتاز برائحته الذكية التي تشبه رائحة الثمار :

$$C_2H_5OH + CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

تجربة :

امزج قليلاً من الغول الاتيلي مع قطرتين من حمض الكبريت المركز ثم أضف ١سم³ من حمض الخل الثلجي .

سخن الانبوب في حمام مائي مدة ثلاث دقائق تقريباً . ثم برد الانبوب وصب محتوياته في كأس فيه قليل من محلول كربونات الصوديوم المشبع حتى تتعادل الحموضة الزائدة ، لاحظ خلات الاتيل الزكية .

استحصاله :

تستحصل الكمية العظمى من الغول الاتيلي بواسطة تخمر المواد السكرية أو النشوية ، فتستخدم حبوب الذرة أو الشعير أوالبطاطا أو بعض الفواكه كالعنب ، كما يستعمل مولاس

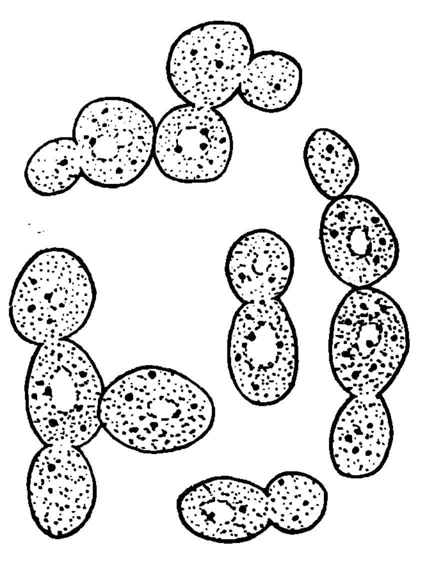
قصب السكر والشمندر . وفي جميع ما ذكر تحول السكريات المعقدة الى سكريات بسيطة قابلة للتخمر الغولي مع العلم أن النشا يعتبر من السكريات المعقدة .

يتم تحول السكر البسيط الى غول بواسطة خميرة البيرة ويدعى هذا التخمر بالتخمر الغولي :

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2\ C_2H_5OH + 2CO_2 \nearrow$$

ويجب ان نذكر هنا ان هذا التفاعل البسيط يحصل نتيجة تفاعلات عديدة معقدة يتحول خلالها جزء السكر الى جزئين من الغول . اذن فما هو فعل الخميرة ؟

ان الخميرة من الكائنات الحية الصغيرة جداً شكل (٦) وهي نوع من الفطور تعيش في المحاليل السكرية ضمن شروط ملائمة من درجة الحرارة وتركيز المحلول وقد بين العالم باستور Pasteur أن الخميرة تفرز مادة تدعى زيماز Zimase تساعد على تحول السكر الى غول فهي تلعب دور الوسيط .



شكل (٢٨)

شكل (٢٣) خلايا الخميرة كما تبدو تحت المجهر

ويصنع الغول في حمض من المحلول السكري الذي يتبقى من صناعة السكر ويدعى بالمولاس ، ويستخدم الشمندر كمادة اولية في هذا العمل .

وبعد عملية التخمير يحصل سائل يحتوي على غول اتيلي ونواتج ثانوية ، لذلك يقطر تقطيراً مجزأ لتركيز الغول وفصله عن الماء والنواتج الاخرى ، وهكذا يستحصل الغول التجاري الذي تبلغ نسبة الغول فيه ٩٥٪ .

تجربة :

أذب ١٠ غ من سكر العنب في ٢٠٠سم٣ من الماء الموضوع في دورق كبير سعته نحو ليترين ، وأضف الى المحلول خميرة البيرة ، سد الدورق بسدادة ينفذ منها أنبوب انطلاق واغمس نهايته في كأس يحوي على رائق الكلس . تلاحظ بعد مدة قصيرة تعكر رائق الكلس الذي يدل على انطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون

سخن الدورق لدرجة ٢٥°م واتركه في مكان دافىء وبعد ٢٤ ساعة سخن جزءاً من المزيج تسخيناً لطيفاً بعد وضعه في دورق مسدود بسدادة ينفذ منها انبوب شاقولي مفتوح وطويل فيمكنك اشعال الغول عند طرف الانبوب .

الغول الاتيلي المطلق :

الغول الاتيلي المطلق هو الغول النقي والخالي من الماء ، أي تبلغ نسبة الغول فيه ١٠٠٪ لذلك يعمد في الصناعة الى تخليص الماء من الغول التجاري الذي تبلغ نسبة الغول فيه ٩٥٪ فتضاف مادة جاذبة الماء كالكلس الحي الذي يتفاعل مع الماء ويعطي ماءات الكلسيوم ، ثم يقطر المزيج ويجمع الغول المطلق بعد تكاثفه .

استعمالاته :

ذكرنا ان الغول من أهم المذيبات العضوية ، لذلك يستعمل في المخابر وفي الصناعة فيستخدم في صناعة الحرير الصناعي والسلولوئيد ، ومستحضرات التجميل ، والأصبغة والأدوية .

مضار المشروبات الروحية :

المشروبات الروحية سوائل تحتوي على نسب متفاوتة من الغول الاتيلي، فبعضها كالبيرة من ٣ ./. الى ٦ ./. من الغول ، أما في المشروبات الروحية الاخرى كالويسكي فترتفع نسبة الغول الى ٥٠٪ .

ان الغول لا يحتاج الى عمليات الهضم ، بل ينفذ من المعدة الى الدم مباشرة فيتأكسد في أنسجة الجسم ويولد بعض الحرارة والطاقة ، واذا زادت كمية الغول التي يتناولها عن الحد الذي تستطيع أن تؤكسده الانسجة ، تراكم فيها وأحـــدث تسمماً يدعى بالتسمم الغولي :

والغول يفتك بأعضاء الانسان الأساسية ، كالمخ والمعدة والكبد ، والى جانب ذلك يضعف مقاومة الجسم للامراض كالسل .

لما كان الغول النقي يدخل في المشروبات الروحية وفي تركيب الروائح العطرية وفي المستحضرات الطبية والاغراض العلمية لذلك تفرض عليه ضرائب عالية ويضاف الى الغول المستعمل كوقود وفي الاغراض الصناعية مواد سامة أخرى ملونة لـكي تحول دون استعماله في المشروبات الروحية ، فيضـاف الغول المتيلي $CH_3\ OH$ وهو من المواد السامة جداً .

٢ — الوظيفة الحمضية

تنتج الحموض من أكسدة الاغوال الاولية كما رأينا . وصيغتها العامة $R-COOH$ فجذر الـكاربوكسيل $-COOH$ يؤلف قسمهـا الوظيفي ، وترمز R الى الالـكيل ، واليك بعض الحموض العضوية :

حمض النمل	$H-COOH$
حمض الخل	CH_3-COOH
حمض البروبيون	C_2H_5-COOH

حمض الزبدة النظامي C_3H_7-COOH

حمض النخل $C_{15}H_{31}-COOH$

تنطبق أيضاً صيغ الحموض السابقة على الصيغة العامة $C_nH_{2n+1}COOH$ (يدل n على عدد ذرات الكربون).

بعض الصفات المشتركة للحموض العضوية :

١ ــ محاليل الحموض العضوية ضعيفة الحموضة ، فهي تتأين كما في الحموض المعدنية لكن تأينها ضعيف :

$$R-COOH \rightleftharpoons (R-COO)^{-} + H^{+}$$

وهي تحول لون عباد الشمس من الازرق الى الاحمر وتمرر محاليلها التيار الكهربائي .

٢ ــ تتفاعل مع الاسس وتعطي املاحاً وماء :

$$R-COOH + NaOH \longrightarrow RCOONa + H_2O$$

فالصوديوم حل محل هيدروجين الحمض .

٣ ــ تتفاعل مع الاغوال وتعطي استرات تمتاز بروائحها اللطيفة التي تشبه روائح الثمار كما رأينا :

$$R-COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons R-COOC_2H_5 + H_2O$$

٤ ــ تفقد جزيئاً من الماء وتعطي بلا ماءات :

$$2R-COOH \longrightarrow (RCO)_2O + H_2O$$

تعدد الوظيفة الحمضية :

تتكرر الوظيفة الحمضية في بعض المركبات وتعطي حموضاً متعددة الوظيفة الحمضية كحمض الحماض ثنائي الوظيفة الحمضية :

$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ COOH \end{array}$$

وحمض المالون :

$$CH < \begin{array}{l} COOH \\ COOH \end{array}$$

ملاحظة : كثيراً ما تجتمع الوظيفة الحمضية والوظيفة الغولية في مركب واحد كحمض اللبن .

$$\begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ CH\ OH \\ | \\ COOH \end{array}$$

حمض الخل

ان لحمض الخل أهمية كبيرة من الناحية العملية بالنسبة للحموض العضوية الاخرى . لا يوجد حراً في الطبيعة ولكن توجد أملاحه في عصارة كثير من النباتات وفي العرق . والخل معروف منذ القديم ما هو الا محلول ممدد من حمض الخل بنسبة ٥٪ تقريباً ومواد ثانوية أخرى .

خواصه الفيزيائية :

حمض الخل النقي سائل بدون لون ذو رائحة واخزة ، يحدث حروقاً خطرة في الجلد وهي أكثر خطورة من الحروق التي يحدثها حمض الكبريت وذلك لتأثيره الكاوي وهو يذيب معظم المواد العضوية .

يغلي في الدرجة ١١٨°م ويتجمد في الدرجة ١٦٫٦°م بشكل بلورات تشبه بلورات الثلج لذلك يطلق عليه اسم حمض الخل الثلجي .

يمتزج بالماء بأية نسبة ، ويصحب هذا الامتزاج نقص في الحجم وارتفاع في درجـــة الحرارة ، ولمحلول حمض الخل طعم حامض ولاذع .

خواصه الكيميائية :

١ – ان خواص حمض الخل كخواص الحموض بصورة عامة ، فمحلوله يمرر التيـار الكهربائي ويقلب لون عباد الشمس من الازرق الى الاحمر .

١ – تأثير الاسس :

يتفاعل حمض الخل مع الاسس كماءات الصوديوم وماءات البوتاسيوم وماءات الكالسيوم، ويعطي أملاحاً :

فاذا أضفت حمض الخل قطرة قطرة الى محلول الصود الذي يحوي كاشف الفنول فتالئين يتفاعل حمض الخل مع الصود ، ويبقى المحلول محافظاً على اللون الاحمر حتى ينفذ الصود بكامله فيزول اللون ، ويتشكل بنتيجة التفاعل خلات الصوديوم وماء .

$$CH_3COOH + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + H_2O$$

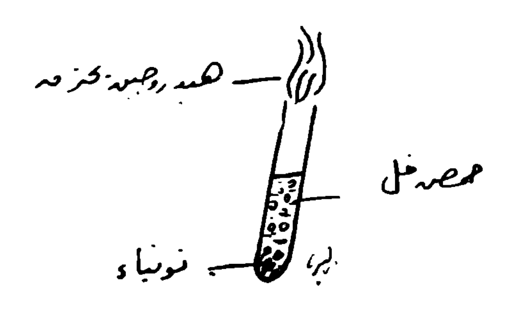
واذا سخنت محلول خلات الصوديوم ، يظهر بلورات خلات الصوديوم بعد تبخر الماء .

٣ – تأثيره في المعدن :

تجربة : ضع قطعة من التوتياء التجاري في أنبوب اختبار يحوي على قليل من حمض الخل (شكل ٧) ، وتشاهد انطلاق فقاعات غازية ، قرب عود ثقاب مشتعل من فوهة الانبوب فيحترق الهيدروجين بلهب أزرق .

واذا أعيدت التجربة باستعمال الالمنيوم ، أو الحديد عوضاً عن التوتياء لحـدث التفاعل وانطلق الهيدروجين في كل مرة .

نستنتج اذن حمض الخل يؤثر في بعض المعادن ويشكل أملاحاً وينطلق الهيدروجين كما في التوتياء .



شكل (٢٤) تأثير حمض الخل على التوتياء

$$2\ CH_3COOH + Zn \longrightarrow (CH_3COO)_2\ Zn + H_2 \uparrow$$

ان املاح حمض الخل من الاملاح الهامة من الوجهة العملية فتستعمل خلات الصوديوم لتحضير الميثان ، وخلات الكالسيوم لتحضير الاسيتون ، وخلات النحاس في صناعة مادة ملونة خضراء ولمعالجة بعض الامراض التي تصيب النباتات ، كما تستخدم كل من خلات الحديد والكروم والألمنيوم في الصناعة كمواد مثبتة للاصبغة .

٤ — تأثيره في بعض الاملاح :

ان حمض الخل يؤثر في أملاح الحموض التي هي أضعف من حمض الخل ، فمثلاً يؤثر في كربونات الكالسيوم وكربونات الصوديوم ، وثاني كربونات الصوديوم فيشكل أملاحاً وينطلق غاز ثاني أكسيد الكربون .

تجربة : أضف قليلا من حمض الخل الى محلول ثاني كربونات الصوديوم في انبوب اختبار تلاحظ حدوث فوران شديد ، فاذا فحصت الغاز الناتج بامراره في رائق الكلس تتأكد من ان الغاز المنطلق هو ثاني أكسيد الكربون بتعكيره لرائق الكلس .

$$CH_3COOH + CO_3HNa \longrightarrow CH_3COONa + H_2O + CO_2$$

ويحدث مثل هذا التفاعل مع كربونات الكالسيوم Co_3Ca وكربونات الصوديوم Co_3Na_2 .

٥ — تاثيره في الاغوال :

تتفـاعل الاغوال مع حمض الخل وتعطي استرات كما ذكرنا في بحث الاغوال . فمع غول الاتيل تتشكل خلات الاتيل :

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \rightarrow CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

٦ — تفاعله مع الكروم والبروم :

يتفاعل حمض الخل مع كل من الكلور والبروم ، ويحدث تفاعلات هامة تستبدل فيها ذرات الهيدروجين في جذر المتيل بذرات الكلور أو البروم . فاذا مرر تيـار من الكلور في حمض الخل الحاوي زهر الكبريت الذي يساعد على التفاعل اتشكل على الترتيب أحادي كلور حمض الخل وثنائي كلور حمض الخل وثلاثي كلور حمض الخل .

$$CH_3COOH + Cl_2 \rightarrow CH_2ClCOOH + ClH$$
$$CH_2ClCOOH + Cl_2 \rightarrow CHCl_2COOH + ClH$$
$$CHCl_2COOH + Cl_2 \rightarrow CCl_3COOH + ClH$$

تمتاز مركبات الكلور الناتجة بأنها أكثر حموضة وفعالية من حمض الخل نفسه .

استحصاله :

عند البحث في استحصال حمض الخل يجب التمييز بين صناعة الخل الذي يحوي على حمض الخل الممدد الى جانب مواد اخرى ، وبين استحصال حمض الخل المركز .

١ — صناعة الخل :

اذا ترك النبيذ عرضة للهواء يتأكسد بتأثير خميرة الخل المسماة ميكودرما أسيتي : mycoderma acety ، فهي تفرز أنزيما يلعب دور الوسيط في عملية التأكسد . وأنت تلاحظ الطبقة البيضاء التي تعلو الخل والتي يطلق عليها أم الخل ، وما هذه الطبقـــة الا

المستعمرات التي حدثت من تكاثر خلايا خميرة الخل . وتتم عملية التأكسد بتحول الغول الاتيلي الذي يوجد في النبيذ الى ألدهيد ثم الى حمض .

$$CH_3CH\ OH \rightarrow CH_3CHO \rightarrow CH_3COOH$$

وفي الصناعة يستخدم النبيذ أو محلول الغول الذي يحوي على ٦٪ الى ١٠٪ منه، ولا يستعمل الغول النقي لانه وسط غير صالح لحياة الخميرة .

يرش المحلول الغولي من أعلى البراميل فيتساقط رذاذاً ويلامس النشارة ، وفي نفس الوقت يرسل تيار خفيف من الهواء من ثقوب في أسفل البراميل ، فيتأكسد الغول بوجود أكسجين الهواء والخميرة ويتحول السائل الى خل يجمع في أسفل البرميل . لكن العملية لم تتم أي أن الغول لم يتحول بكامله الى حمض الخل . لذلك يؤخذ السائل المتجمع ويمرر من جديد على نشارة الخشب ، وهكذا تتكرر العملية الى أن يتم التأكسد .

ويجب أن تتراوح درجة الحرارة أثناء عملية التخمر بين ٢٢° و٢٥°م تقريباً كي يتهيأ الجو الصالح للخميرة .

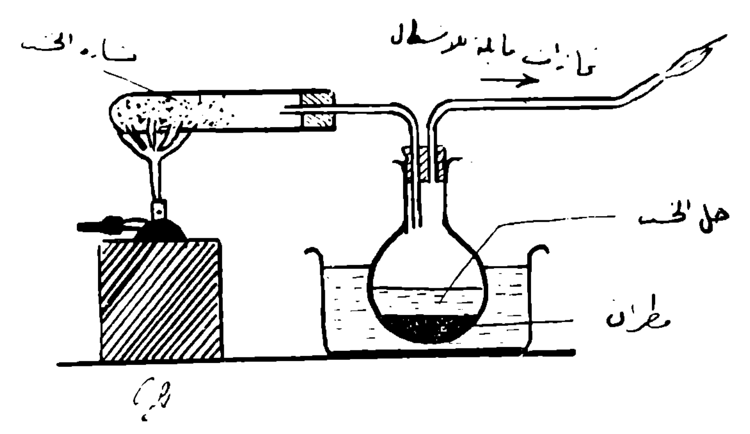
٢ ـ استحصال حمض الخل المركز :

أ ـ تقطير الخشب :

تجربة : سخن قليلا من نشارة الخشب في انبوب اختبار مغلق بسدادة ينفذ منها انبوب انطلاق ينتهي الى حوجلة كما هو مبين في الشكل (٨) . وأحط الحوجلة بحوض ماء بارد . فبعد التسخين تلاحظ تكاثف القطران في أسفل الحوجلة وفوقه سائل يدعى بخل الخشب . كما تنطلق غازات يمكنك اشعالها .

ان خل الخشب يحوي ١٠٪ من حمض الخل و ٢٪ غول متيلي و ٠،٥٪ أسيتون .

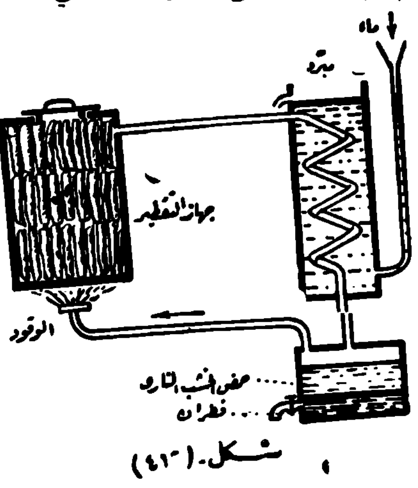
وفي الصناعة يقطر الخشب كما في التجربة السابقة بمعزل عن الهواء في معوجات كبيرة كما هو مبين في الشكل (٩) . وتستعمل الغازات الناتجة في تغذية موقد التسخين .



شكل (٢٥) تجربة تقطير الخشب

أما خل الخشب فيعامل بماءات الكالسيوم ، فيتحد حمض الخل مع ماءات الكالسيوم ويشكل خلات الكالسيوم . يستخرج حمض الخل من هذا الملح بتقطيره مع كمية كافية من حمض الكبريت فيتبخر حمض الخل وتبقى كبريتات الكالسيوم .

وحديثاً يقطر خل الخشب مباشرة في أجهزة خاصة بعد اضافة خلات البوتيل كمادة مذيبة . فيجرف خلات البوتيل الماء ويبقى حمض الخل النقي .



شكل (٢٦) تقطير الخشب في الصناعة

ب — من الاسيتيلين :

تعتمد هـذه الطريقة على تفاعل الاسيتيلين مع الماء في الدرجة ٦٠°م وبوجود كبريتات الزئبق كوسيط يتشكل اسيت ألدهيد :

$$C_2H_2 + H_2O \longrightarrow CH_3CHO$$

فيؤكسد الألدهيد الناتج بأكسجين الهواء في الدرجة ١٨٠°م وبوجود خلات المنغنيز كوسيط ينتج حمض الخل النقي تقريباً .

استعمالاته :

يستعمل في تكوين املاحه الهامة ، وفي تحضير الاسيتون ، وفي صناعة النيلة والحرير الصناعي والمطاط . ويستعمل كمذيب لبعض المواد العضوية .



الفصل الثالث

الاسترة والاماهة والتصبن

الاسترة والاماهة :

ان الاغـوال تتفاعل كما رأيت مع الحموض العضوية وتعطي استرات تمتـاز بروائحها اللطيفة ، لذلك يدعى هذا النوع من التفاعلات بالاسترة الدلالة على تفاعل حمض عضوي مع غول :

حمض عضوي + غول ← استر + ماء

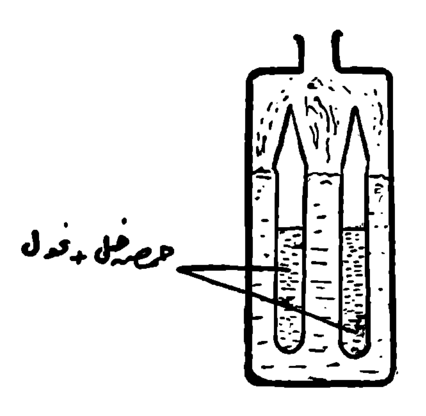
وهذا يؤثر حمض الخل على الغول الاتيلي ويعطي خلات الاتيل وماء :

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \longrightarrow CH_3COO\,C_2H_5 + H_2O$$

يتبين لك من المعادلة أن جزيء من حمض الخل يكفي للتفاعل مع جزيء من الغول الاتيلي :

ولدراسة هذا التفاعل يوضع جزيء غرامي من حمض الخل أي ٦٠ غ منه مع جزيء غرامي من الغول الاتيلي أي ٤٦غ منه في انبوب اختبار ، ثم يغلق هذا الانبوب بسرعة . وتحضر أنابيب عـديدة على شاكلة الانبوب الاول ثم تسخن في نفس الوسط . كي تبقى

شروط التفاعل واحدة في جميع الانابيب شكل (١) ويؤخذ في فترات زمنية متتالية انبوب من هذه الانابيب وتعين كمية الحمض المتفاعلة وبذلك تمكن معرفة كمية الغول المتفاعلة بنسبة ثلاثية بسيطة .



شكل (٢٧) دراسة الاسترة

وقد بينت التجارب المديدة ان ٠،٣٦ ٢ فقط من الغول الاتيلي اي ٦٦٪ منه تستهلك في التفاعل مها طال الزمن ويبقى أخيراً في الانابيب غول الاتيل وحمض الخل الى جانب خلات الاتيل والماء ، ولو أعيدت التجارب في درجات مختلفة من الحرارة لما تغيرت كمية الغول المتفاعلة لذلك يقال :

ان تفاعل الاسترة جزئي اي ينتهي التفاعل ولا تستهلك المواد الداخلة في التفاعل كلها ، ولا تتوقف كمية الغول المتفاعلة على درجة الحرارة .

وبينت التجارب بالاضافة الى ذلك ان التفاعل بطيء وتتناقص سرعته بازدياد الزمن حتى تنعدم ، وتزداد بارتفاع درجة الحرارة وازدياد قوة الحمض ، او وجود وسيط كحمض كلور الماء .

فما هو السبب في كون تفاعل الاسترة جزئياً ؟

السبب هو ان الاستر لايبقى بجانب الماء دون ن يتفاعل معه ويعطي من جديد غولا وحمضاً وهذا ما يحول دون التفاعل الكلي ويقال ان تفاعل الاسترة هو تفاعل معكوس

اي قابل للرجوع من اليمين الى اليسار في نفس الشروط . لذلك يكتب تفـاعل الاسترة لحمض الخل بالشكل التالي :

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftarrows CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

فالسهمان يدلان على ان التفاعل يجري في الاتجاهين على السواء .

والتفاعل المعاكس للاسترة يدعى بالاماهة للدلالة على تحليل الماء للاستر وتشكل الغول والحمض وهذا التفاعل بطيء وجزئي ايضاً كما في الاسترة .

ويمكن السيطرة على اتجاه التفاعل بازاحة أحد الاجسام الناتجة كاضافة حمض الكبريت المركز الذي يمتص الماء في تفاعل الاسترة .

التصبن :

اذا سخن مزيج من خلات الاتيل وماءات الصوديوم ، ينتج غـول الاتيل وخلات الصوديوم .

$$CH_3COOC_2H_5 + NaOH \rightarrow CH_3COONa + C_2H_5OH$$

فالاستر يعطي مع الاساس ملحاً وغولا . يدعى هذا التفاعل بالتصبن للدلالة على تفاعل استر مع قلوي .

استر + قلوي ← ملح + غول

ان هذا التفاعل بطيء وكلي اي ان التفاعل لا يتوقف الا بانتهاء احد الجسمين المتفاعلين . والملح الناتج لا يتفاعل مع الغول اذن فالتفاعل غير معكوس .

وللتصبن اهمية كبرى في الصناعة اذ تستند عليه صناعة الصابون .

صناعة الصابون

المواد الدسمة :

تبين بالتحليل الدقيق للمواد الدسمـــة انها تتألف من مزيج من أجسام مركبة قليلة العدد أهمها الزيتين ، والنخلين ، والشمعين ، والزبدين وهذه الاجسام عبارة عن استرات حادثة من اتحاد حمض مع غول .

والحلوين $CH_2OH - CHOH - CH_2OH$ هـو الغـول الذي يشترك في تركيب استرات المواد الدسمة كلها . أما الحموض فتختلف بحسب المادة نذكر منها حمض الزيت $C_{17}H_{33}COOH$ حمض النخـل $C_{15}H_{31}COOH$ ، حمـض الشمع $C_{17}H_{35}COOH$. حمض الزبدة C_3H_7COOH .

صناعة الصابون :

اذا عوملت الاجسام الدسمة بمحلول قلوي كالصود أو البوتاس تنتج أمـلاح الصوديوم أو البوتاسيوم للحموض الدسمة الى جانب الحلوين . والتفاعل الحادث هو تفاعل تصبن مادة دسمة (استرات) + قلوي ← أملاح + حلوين .

فلو أجريت التجربة على النخلين لتشكلت نخلات الصوديوم الى جانب الحلوين :

نخلين + صود ← نخلات الصوديوم + حلوين

لكن المادة الدسمة تتكون من مزيج من الاسترات كما ذكرنا . فزيت الزيتون الذي يحوي مثلا على الزيتين والنخلين والشمعين اذا تصبن ينتج مزيج من الاملاح تؤلف المادة التي ندعوها الصابون .

ففي الصناعة تسخن المواد الدسمة كالزيوت أو الدهون مع محلول الصود ويحرك المزيج باستمرار . وبعد بضع ساعات يحصل سائل متجانس يتألف من الصابون والحلوين .

يضاف محلول كلور الصوديوم لفصل الصابون عن المحلول ، ويترك مدة من الزمن ، فيطفو الصابون على وجه السائل لعدم ذوبانه في الماء المالح . يفصل الصابون ويضغط في القوالب ويجفف .

وللحصول على الجلوين يقطر المزيج الباقي تحت ضغط منخفض لأن الجلوين لا يتحمل درجات الحرارة العالية :

ان الاجسام الدسمة المستعملة في الصناعة هي : زيت الزيتون الرديء وزيوت السمسم والقطن والنخل وجوز الهند .

ويصنع الصابون اللين بتصبين المواد الدسمة بمحلول البوتاس . ولما كان صابون البوتاس ينحل في الماء المالح فلا يمكن فصله عن الجلوين . ولذلك تشوبه كثير من الشوائب التي تلونه باللون الاخضر أو الاسود .

يضاف احياناً عند صنع الصابون مواد لغشه وزيادة وزنه كالنشا ومسحوق الطباشير . كما تضاف كربونات الصوديوم لمساعدة الصابون على التنظيف ، والمواد العطرية لاكسابه رائحة لطيفة ، والفنول للتطهير .

استعمالات الصابون :

يستعمل الصابون في التنظيف لازالة الاوساخ التي لا تذوب في الماء كالمواد الدهنية والبقع الناتجة عن بعض الفاكهة والقهوة والشاي .

وبعد دراسة خواص الصابون تبين أنه يمكن تركيب مواد أخرى لا يعتمد في صنعها على حادثة التصبن ، تفعل فعل الصابون في التنظيف كالتايد والاومو . لذلك بدأت صناعة الصابون في التدهور لتحتل مكانها المركبات المنظفة الجديدة .

* * *

الفَصلُ الرابعُ

النشاء والسلولوز

١ ــ النشاء

٢ ــ السلولوز

٣ ــ الصناعات السلولوزية

مقدمة :

ينتمي كل من النشا والسلولوز الى طائفة من المركبات تدعى بالمائيات الكربونية ، لانها تحوي الى جانب الكربون عنصري الهيدروجين والاوكسجين بنسبة معينة هي نفس نسبتها في الماء ، وكل منها مركب مضاعف لم يعرف حتى الآن وزنه الجزيئي بالرغم من معرفة نسبة كل من الكربون والهيدروجين والاوكسجين التي هي واحدة في كل منها . وتمثل الصيغة البسيطة بالشكل $C_6H_{10}O_5$. انما هـــذه الصيغة لا تعبر عن خواصها الكيميائية جميعها ، لذا يعمد الى تمثيل النشا بالصيغة المضاعفة $m\ (C_6H_{10}O_5)$ ؛ والى تمثيل السلولوز بالصيغة المضـاعفة $n\ (C_6H_{10}O_5)$ ، ويدل كل من الحرفين m و n على عدد تام لم يعين بعد .

النشا : $(C_6H_{10}O_5)m$

وجوده في الطبيعة :

يوجد النشا في كثير من النباتات على شكل مدخرات غذائية في الحبوب كالقمح والشعير والرز ، وفي البقول كالفاصولياء ، والبازلاء ، والفول ، والعدس ، وفي الجذور الدرنية كالبطاطا ، وفي الثمار كالكستنا ، وتدخر هذه النباتات نتيجة لقيامها بعملية التمثيل اليخضوري .

خواصه الفيزيائية :

النشا مادة بيضاء اللون توجدعلى شكل مسحوق ناعم أوقطع هشة غيرمنتظمة وتتكون في الحالتين من حبيبات دقيقة تظهر تحت المجهر إما دائرية أو بيضوية ، بحسب مصدرها .

لا يذوب النشا في الماء البارد ، ولكنه اذا سخن تنتفخ حبيباته وتنفجر ، فيتكون محلول غير شفاف يتحول الى كتلة هلامية عندما يبرد تدعى بمطبوخ النشا .

خواصه الكيميائية :

١ ــ تأثير الحرارة :

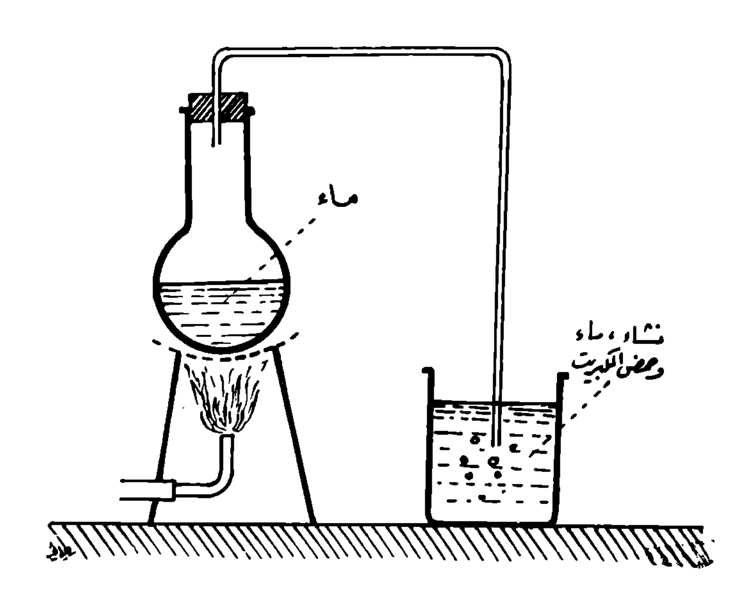
تجربة : سخن قليلامن النشا في انبوب اختبار تشاهد أنه يصفر ثم يسمر ثم يسود لتحاله الى فحم وقطران يبقيان في الانبوب والى بخار الماء وغازات قابلة للاشتعال .

٢ ــ تأثير اليود :

تجربة : ضع هلامة النشا الممددة بكثير من الماء في انبوب اختبار وعالجها بقطرات من محلول اليود ، تشاهد حالاً تلون السائل باللون الازرق الغامق ، سخن الانبوب بعد ذلك ولاحظ زوال اللون ثم ظهوره من جديد اذا تركته يبرد .

٣ — الاماهة :

يلبث النشا في الماء بصورة جزئية بوجود أحد الحموض المخففة التي تقوم بدور الوسيط ويتحول الى سكر العنب والذي هو سكر بسيط :



شكل (٦٣) استحضار الغليكوز

شكل (١١) اماهة النشاء

$$(C_6H_{10}O_5)m + m H_2O \longrightarrow m C_6H_{12}O_6$$

تجربة : اضف قليلا من النشا الى الماء وحركه ثم ضع فيه بضع قطرات من محلول حمض الكبريت ، ثم سخن المزيج بتيار من بخار الماء كما هو مبين في الشكل (١١) ، وبعد التسخين ، خذ من السائل وتأكد من تحول النشا الى سكر العنب بمحلول فهلنغ الذي يكون راسباً آجرياً مع سكر العنب ولا يكون راسباً مع النشا .

ويتم تحول النشا الى سكر العنب أيضاً في الدرجة العادية من الحرارة بتأثير بعض الخمائر المنحلة ، ففي حبات الشعير المستنبتة مثلا تتكون خمائر منحلة تحول النشا المدخر فيها

الى سكر بسيط أيضاً ، وتحوي العصارات الهضمية على خمائر منحلة تؤثر في النشا وتحوله الى سكر أيضاً كالبتيالين في اللعاب ، والأميلاز الذي تفرزه البنكرياس في الامعاء .

ومن هنا يتضح لك أن النشا من الأغذية المفيدة ، لذلك كانت المواد الغذائية النشوية هامة لأنها تتحول الى سكر بسيط يحترق في الانسجة ، ويولد حرارة تمكن الانسان من القيام بوظائفه الحيوية .

استحصاله :

تطحن الحبوب ، أو تقطع البطاطا ، لتحطيم الخلايا الحاوية على النشا ، ويمرر عليها تيار من الماء ، فيحمل معه حبيبات النشا ويجرفها ، ثم تصفى هذه المياه من مناخل دقيقة تسمح لذرات النشا من المرور خلالها ، وتفصل أجزاء النبات ، وبعد ذلك ترسب حبيبات النشا وتجفف بالهواء الساخن .

استعمالاته :

للنشا استعمالات عديدة في الصناعة ، فيستخدم لاستحصال سكر العنب والغول ، وفي صنع الجعة (البيرة) وصقل الاقمشة والثياب . ولصق الورق .

٢ — السلولوز $(C_6H_{10}O_5)n$

وجوده في الطبيعة :

السلولوز منتشر جداً في الطبيعة فهو المادة التي يتألف منها غشاء المادة النباتية لا سيما اذا كانت فتية ، وعندما ينمو النبات تنضم الى السلولوز مواد عضوية ومعدنية أخرى ، فيقسو هذا الغشاء ويؤلف حينئذ الخشب والتبن وغيرها ، ويتألف القطن ونخاع البيلسان وورق الترشيح من السلولوز النقي تقريباً .

خواصه الفيزيائية :

السلولوز صلب أبيض ، لا طعم له ولا رائحة ، لا ينحل في الماء ولا في المذيبات

المعروفة كالغول والاثير والبنزين ، وكذلك لايتأثر بمحاليل المواد الكيميائية لذلك يستعمل في صناعة ورق الترشيح .

ينحل السلولوز في سائل شويتزر Schwitzer وهو محلول ماءات النحاس النشادري ويمكن ترسيب السلولوز من المحلول بتعديل النشادر بمحلول حمض كلور المدد ، فيرسب السلولوز على هيئة مادة هلامية ، ويستفاد من هذه الخاصة في صناعة الحرير الصناعي .

وتمكن اذابة السلولوز في محلول مكون من حمض كلور الماء ، ومحلول كلور التوتياء بنسبة ٢ الى ١ على أن يكون محلول التوتياء بنسبة ٦٠٪ .

خواصه الكيميائية :

١ – تأثير الحرارة :

يحترق السلولوز بملامسة اللهب ، وينتج عن الاحتراق غاز ثاني أكسيد الكربون وماء ، واذا سخن السلولوز في انبوب اختبار يتحلل الى غازات قابلة للاشتعـــال وتبقى كتلة كربونية .

٢ – تأثير القلويات :

لا تؤثر القلويات المددة على السلولوز بالتسخين ، لذلك نستعمل كربونات الصوديوم في غسيل الثياب دون أن يصيبها أي ضرر .

لكن محلول القلويات المركزة كماءات الصوديوم بنسبة ١٢٪ يؤثر على الالياف السلولوزية فتنتفخ وتزداد مقاومتها وتصبح لامعة كالحرير .

٣ – الاماهة :

يتحول السلولوز بتأثير الماء الى سكر بسيط بوجود حمض كلور الماء المدد أو حمض الكبريت المدد كوسيط .

تجربة : اسحق قطعة من القطن النظيف في هاون صيني مع حمض الكبريت

الكثيف فتشاهد ان قطعة القطن تزول ، وينتج سائل كثيف بقوام الشراب ، صب هذا السائل في الماء ، واغله خلال بضع دقائق فيحصل معك محلول من سكر العنب ، فلو عالجت عينة منه بالصود لتعديل الحمض ثم بمحلول فهلنغ على الحرارة لحصل معك راسب آجري من أكسيد النحاسي :

فحمض الكبريت اذ يساعد على تحول السلولوز الى سكر العنب بالاماهة :

$$(C_6H_{10}O_5)\,n \;+\; n\,H_2O \longrightarrow n\,C_6H_{12}O_6$$

يستفاد من هذا التفاعل لاستحصال سكر العنب من الخرق البالية ومن نشارة الخشب وما ينتج عن هذه الصناعة يسمى سكر الخشب ، وباختماره يحضر الغول الاتيلي الذي يدعى بغول الخشب .

٤ – تأثير الحموض :

أ – حمض الكبريت :

اذا غمس ورق الترشيح في حمض الكبريت المخفف بنسبة حجمين من الحمض المركز وحجم من الماء يتحول لونه الى السمرة ، كما يصبح صلباً وقاسياً . وبعد ذلك يغسل بالماء لازالة الحمض ويجفف فيتحول الى ورق شفاف يسمى بورق بارشمان **Parchemin** أو الرق النباتي .

ب – حمض الآزوت :

يتأثر السلولوز بحمض الآزوت المركز ، أو بمزيج من حمض الآزوت وحمض الكبريت ويعطي مركبات النتروسلولوز وهي احادي النتروسلولوز وثنائي النتروسلولوز وثلاثي النتروسلولوز وهي من المركبات الهامة جداً في الصناعة .

حـ - حمض الخل :

يؤثر حمض الخل على السلولوز وتتكون خلات السلولوز التي تستعمل في بعض انواع

الحرير الصناعي كما تستعمل بصورة خاصة في صناعة اشرطة السينما .

استحصاله :

يستحصل السلولوز النقي من ورق الترشيح او من القطن الذي يحوي ٩٠ ٪ تقريباً من السلولوز ، تغسل هذه الاجسام بالغول والاتير لازالة المواد الدسمة العالقة بها ، ثم تعالج على التوالي بمحاليل ممددة وساخنة من الحمض والقلوي للتخلص من المواد الراتنجية ، وبعد غسلها جيداً بالماء ينتج السلولوز النقي بشكل كتل بيضاء تتألف من الياف طويلة جوفاء .

٣ — الصناعات السلولوزية

قطن البارود :

ينظف القطن جيداً لازالة المواد الدسمة والمواد غير السلولوزية ، ثم يغمر بمزيج يتألف من جزئين من حمض الكبريت الكثيف وجزء من حمض الآزوت ويترك لمدة ساعتين ونصف فيتحد السلولوز مع حمض الآزوت ويتشكل ثالث نتروسلولوز الذي يدعى بقطن البارود .

ان لقطن البارود مظهر القطن العادي لكن خواصها مختلفة كل الاختلاف ، فهو أنعم ملمساً واذا اشعل في الهواء يحترق بسرعة كبيرة ولكن ليست بالسرعة التي تسبب الانفجار .

واذا وضعت قطعة صغيرة منه في انبوب اختبار وسد الانبوب بسدادة وسخن الى الدرجة ١٢٠°م يحدث انفجار شديد تطير معه السدادة بعيداً عن الانبوب ، وأذا ضغط في حيز صغير انفجر بالصدم انفجاراً عنيفاً اذ يتحلل فجأة معطياً حجماً كبيراً من الغازات وهي الآزوت وأكاسيد الكربون وبخار الماء ، ولما كانت هذه الغازات كلها عديمة اللون فان قطن البارود ينفجر دون ان ينتج عن ذلك دخان .

وقطن البارود كمتفجر يمتاز بصفة هامة وهي انه يمكن استعماله رطباً بنسبة ١٠ ٪ من الرطوبة وهو لا يشتعل اذا قرب منه لهب ، ولكن اذا تعرض لصدمة فولمينات الزئبق فانه ينفجر كما لو كان جافاً ، ولهذا فان الالغام البحرية تمـــلأ باسطوانات من قطن البارود الرطب .

ويعزى الفتك الذريع لقطن البارود الى السرعة التي يتحلل بها . فمثلا بينما يلزم لكمية من البارود حوالي $\frac{١}{١٠٠}$ من الثانية كي تحترق احتراقاً تاماً ، فان نفس الوزن من قطن البارود يتحلل في $\frac{١}{٥٠٠٠٠}$ من الثانية .

الكولوديون :

يستحصل بمعاملة القطن بمزيج مؤلف من جزء من حمض الآزوت المـدد وجزئين من حمض الكبريت المدد ايضاً . ثم يغسل ويجفف فيحصل ثنائي النترو سلولوز المسمى بقطن الكولوديون الذي يذاب في مزيج من الغول والاتير فيتكون سائل بقـوام الشراب يسمى الكولوديون .

السلولوئيد :

بتسخين قطن الكولوديون في مزيج من الغول والكافور يتحول الى مادة صلبـة شفافة مرنة في الدرجة العادية من الحرارة ولينة في الدرجة ٨٠° م تدعى بالسلولوئيد ، وهذه المادة لا تتأثر بالماء ويمكن صبها في قوالب ونشرها كالخشب كما يمكن صقلها . وقد تضاف الى عجينتها اصبغة تلونها باللون المطلوب . وهي كثيرة الاستعمال فتصنع منهـا الامشاط والازرار وافلام السيما ويقلد بها العاج والاخشاب الثمينة . ولكن استعمال هذه المادة خطر لانها سريعة الالتهاب .

الحرير الصناعي :

أ ــ حرير النترو سلولوز (حرير شاردونية : Chardonnet) .

يؤخذ محلول الكولوديون ويسحب بالضغط من أنابيب زجاجية ضيقة جداً . ثم يبخر المذيب في تيار من الهواء الساخن . وخيوط النتروسلولوز الحاصـلة تشتعـل بسرعة لذلك

تزال النترجة لاعادة السلولوز . ويتم ذلك بامرار الخيوط في محلول كبريت الكالسيوم
وهذه الطريقة هي اول طريقة عرفت في صناعة الحرير الصناعي عام ١٨٨٩ .

ب ـ الفيسكوز : Viscose

يعامل السلولوز بمحلول الصود الكاوي الكثيف ثم بمحلول ثاني كبريت الكربون ،
فيحصل سائل غليظ القوام يدفع خلال ثقوب ضيقة في حمام يحتوي على حمض الكبريت
وكبريتات الصوديوم ، ويضاف اليه احياناً قليل من كبريتات التوتياء وسكر العنب .
ونحصل بذلك على خيوط الحرير الصناعي .
ان الحرير الصناعي أرخص كثيراً من الحرير الطبيعي وفي متناول كثير من الناس .

حـ ـ خلات السلولوز :

يكون السلولوز مع حمض الخل انواعاً من خلات السلولوز تقوم مقام السلولوئيد
وتمتاز عنه بعدم احتراقها لذلك فهي غالية الثمن تستعمل بصورة خاصة لصنع اشرطةالسينما
غير القابلة للاحتراق ، وفي صناعة الزجاج الذي يقاوم الكسر وصناعة الطلاء اللامع .

صناعة الورق :

كانت صناعة الورق قبل مائة عام تقريباً تستند الى استعمال الخرق البالية القطنيـــة
والكتانية لانها تحوي على سلولوز نقي تقريباً . لكن احتياج المجتمع الى الثقافة والاطلاع
حفز الكيميائيين الى استخلاص السلولوز من مصادر اخرى غير نقية كالخشب
والحشائش والقش .
ففي الحالة الاولى تنظف الخرق القطنية او الكتانية ، وتغلى في محلول قلوي ، ثم تغمر
في الماء وتمزق بآلات ميكانيكية حتى تصبح كالعجين .
وفي الحالة الثانية يقطع الخشب مثلا الى قطع صغيرة ويسخن في اناء مغلق مع محلول
ثاني كبريتيت الكالسيوم ، فتنحل جميع المواد المؤلفة للخشب ما عدا السلولوز ونحصل
بذلك عجينة تسمى بلب الخشب .

والمراحل النهائية تتم بنفس الطريقة في الحالتين . فتقصر عجينة الورق بالكلور أو أي مادة قاصرة اخرى . ويضاف اليها محلول الشب وراتنجيات الصوديوم كي ترتبط الالياف مع بعضها وتمنع الحبر من الانتشار . ويستغنى عن اضافة هذه المحاليل في صناعة ورق النشاف أو ورق الترشيح . ويضاف احياناً الجص الى العجينة للحصول على ورق متين ، وبعض الاصبغة للحصول على الورق الملون .

وبعد تحضير العجينة على هذا الشكل تمرر بشكل منتظم فوق شبك معدني طويل يتحرك بحركة اهتزازية ، فينفذ الماء على الثقوب ، وتشتبك الالياف الباقية مع بعضها . ثم تمرر بين اسطوانتين مكسوتين باللباد لضغطها وفصل الماء الزائد ، ويجفف الورق بعد ذلك بضغطه بين اسطوانتين ساخنتين ثم يمرر في منشف حتى يتم جفافه .

واذا غمس الورق لمدة قصيرة في محلول حمض الكبريت المركز ، فان السلولوز يتحول الى كتلة هلامية تسد مسام الورق ، فاذا غسلت جيداً تتحول الى مادة غير مسامية تشبه جلد الحيوانات . ويمكن تحضير مثل هذا الورق ايضاً بغمس الورق في محلول كلور التوتياء وبضغط عدد من هذه الاوراق نحصل على ليف مقاوم يستعمل في صناعة حقائب السفر والمواد العازلة في الكهرباء . ويدعى في الاسواق باسم فيبر Fibre .

الفصل الخامس

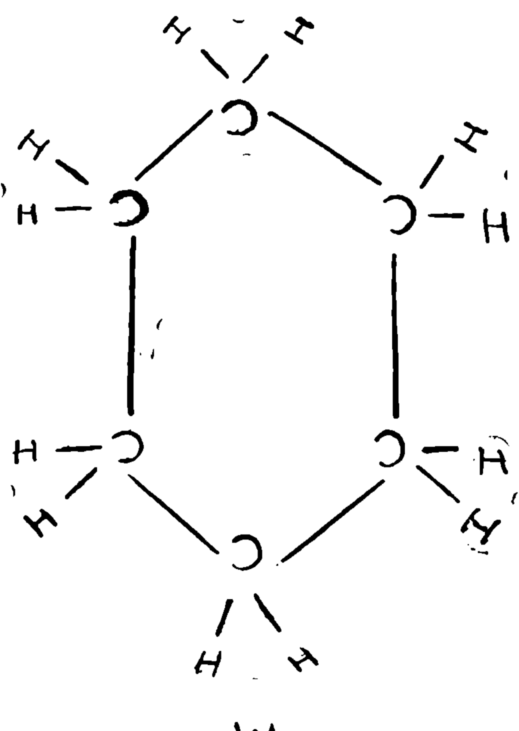
البنزين C_6H_6

صيغته :

لقد درسنا في بحث السلاسل أن هناك طائفة من المركبات العضوية تتصل فيها ذرات الكربون بشكل سلسلة مغلقة او مفتوحة . فالى أية فئة من الفئتين ينتمي البنزين ؟

لا يمكن الاجابة على هذا السؤال الا بالاطلاع على نتائج التفاعلات التي يقوم بها .

فالبنزين لا ينتمي الى المركبات الكربونية المشبعة ، لانه بالتسخين الى الدرجة ٢٠٠°م وبوجود وسيط كسحوق النيكل يضم ست ذرات من الهيدروجين دفعة واحدة وينتج مركباً جديداً مشبعاً بالهيدروجين صيغته C_6H_{12} . لا يمكن لهذا المركب ان يكون بشكل سلسلة مفتوحة لان الجزء منه يحوي على ١٢ ذرة من الهيدروجين بدلا من ١٤ ذرة، لذلك وضعت لهذا المركب صيغة بشكل سلسلة مغلقة كما يلي :



وبالتالي يجب ان توضع صيغة البنزين ايضاً بشكل سلسلة مغلقة سداسية . وهذا ما أدى بالعالم كيكولة Kekule عام ١٨٦٥ الى كتابة صيغة البنزين بالشكل التالي :

فالسلسلة البنزينية المغلقة تحوي على ثلاثة روابط بسيطة وثلاثة روابط مضاعفة بالتناوب لفسر تفاعلات الضم . وهذه السلسلة التي تحوي على ست ذرات من الكربون تدخل في بنية كثير من المركبات العضوية الهامة لذلك نطلق عليها اسم النواة البنزينية .

وان تشكل البنزين من ثلاثة جزيئات من الاستيلين بدرجة ٥٠٠° تؤيد الصيغة المذكورة .

ثلاث ذرات أستيلين — فك الارتباط — البنزين

خواصه الفيزيائية :

البنزين سائل عديم اللون ، له رائحة قوية . يغلي في الدرجة ٨٠°م ويتبلور في الدرجة ٤،٤ م . سريع انتطاير لذلك يلتهب بسهولة ، فيجب الابتعاد عن اللهب عند الاشتعال بالبنزين كثافة ابخرته ٢،٧ و كثافة سائله ٠،٩ فهو اخف من الماء .

لا يذوب في الماء ، لكنه من المذيبات الهامة ، فهو يذيب اليود والكبريت والفسفور ، كما يذيب كثيراً من المواد العضوية كالزبوت والدهون والمطاط ، لذلك يستعمل في التنظيف وفي لصق الاجسام المصنوعة من المطاط .

خواصة الكيميائية :

١ ـ تأثير الاكسجين :

اذا كانت كمية الاكسجين غير كافية يحترق البنزين بلهب مدخن ، اما اذا كانت كمية الاكسجين كافية احترق احتراقاً تاماً منتجاً غاز ثاني اكسيد الكربون وماء .

$$2\,C_6H_6 + 15O_2 \longrightarrow 12\,CO_2 + 6\,H_2O$$



تفاعل الضم بين الكلور والبنزين

شكل (٥٣)

(شكل ٢٩) ضم البنزين للكلور

فاذا مزجت ابخرة البنزين بكمية من الهواء اللازمة لاحراقها تشكل مزيج ينفجر بملامسة اللهب أو الشرارة الكهربائية . لذلك يستعمل في المحركات الانفجارية.

٢ - تفاعلات الضم :

ذكرنا في بدء البحث كيف ان البنزين يضم ست ذرات من الهيدروجين في شروط مناسبة . كذلك يضم البنزين ست ذرات من الكلور كما في التجربة التالية :

تؤخذ زجاجة مملوءة بغاز الكلور ويصب فيها قليل من البنزين ، ثم تسد وتعرض لاشعة الشمس (شكل ٢٩) ، فيلاحظ مباشرة ظهور ابخرة بيضاء تتوضع على جوانب الزجاجة هي بلورات البنزين سداسي الكلور $C_6H_6Cl_6$.

٣ - تفاعلات المبادلة :

ا - تأثير الكلور :

اذا تغيرت شروط التجربة عند تأثير الكلور على البنزين ، كامرار تيار من الكلور في البنزين السائل بوجود وسيط كاليود ، وفي الدرجة العادية من الحرارة يتشكل أحادي كلور البنزين C_6H_5Cl واذا استبدل اليود بكلور الالمنيوم يحصل بالتسخين الى الدرجة ٨٠° م سادس كلور البنزين C_6Cl_6 .

وهكذا يمكن الحصول على المشتقات الكلورية المختلفة للبنزين بحسب نوع الوسيط ودرجة الحرارة :

$$C_6H_6 + Cl_2 \longrightarrow C_6H_5Cl + ClH$$
$$C_6H_6 + 2\ Cl_2 \longrightarrow C_6H_4Cl_2 + 2\ ClH$$
$$C_6H_6 + 3\ Cl_2 \longrightarrow C_6H_3Cl_3 + 3\ ClH$$

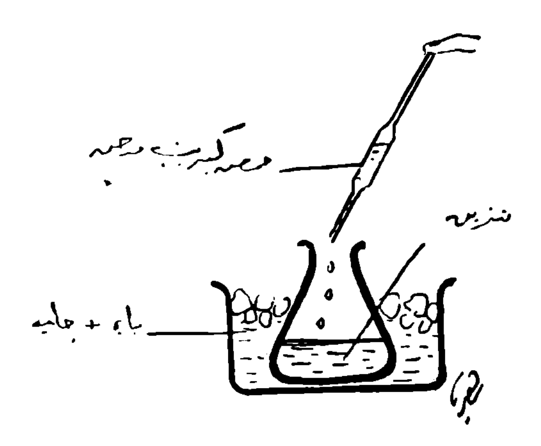
ب - تأثير حمض الكبريت :

تحصل المبادلة ايضاً في تفاعل حمض الكبريت المدخن مع البنزين فينتج حمض البنزين أحادي السلفون .

$$C_6H_6 + SO_4H_2 \longrightarrow C_6H_5SO_3H + H_2O$$

ان التفاعل الذي يؤدي الى ادخال جذر السلفون SO_3H — كما في التفاعل السابق يدعى بالسلفنة . لاحظ ان جذر السلفون حل مكان ذرة هيدروجين من البنزين ،ويمكن ان تستمر المبادلة فيحصل البنزين الثنائي السلفون بحسب شروط التجربة .

تجربة : صب حمض الكبريت المدخن قطرة قطرة فوق البنزين المبرد بمزيج من الماء والجليد ، (شكل ١٣) فيتشكل في هذه الظروف البنزين أحادي السلفون $C_6H_5SO_3H$ أ كشف عن المركب الناتج باضافة محلول كلور الصوديوم المشبع ولاحظ الراسب المتكون. واذا اعيدت التجربة في الدرجة ١٧٠°م يحصل المشتق البنزيني الثنائي السلفون



(شكل ٣٠) سلفنة البنزين

$C_6H_4(SO_3H)_2$. وبوجود بلاماء الفسفور p_2O_5 يتشكل المشتق الثلاثي السلفون $C_6H_3(SO_3H)_3$.

ان المشتقات السلفونية هامة جداً اذ تستعمل في تحضير الفنول ، ويستخدم بعضها كمواد منظفة عوضاً عن الصابون .

جـ - تأثير حمض الازوت :

تجربة : ضع في انبوب اختبار جاف حوالي $\frac{1}{2}$ سم³ من البنزين ثم أضف باحتراس حوالي ٣ سم³ من مزيج حمض الكبريت المركز وحمض الآزوت المركز بمقدار حجمين متساويين رج الانبوب جيداً مع الاحتراس الشديد ، سخن مع الاستمرار في الرج حتى يقف تصاعد الابخرة النارنجية ، برد الانبوب واسكب محتوياته على قليل من الماء في أنبوب آخر ، تلاحظ انفصال سائل أصفر زيتي القوام له رائحة تشبه رائحة اللوز المر الذي يدعى بعطر الميربان .

تفاعل في التجربة السابقة حمض الآزوت مع البنزين وتشكل أحادي النترو بنزين كما في المعادلة :

$$C_6H_6 + NO_3H \longrightarrow C_6H_5NO_2 + H_2O$$

ان جذر النترو — NO_2 حل محله ذرة هيدروجين من البنزين وحدث تفاعل يدعى بالنترجة ، وقد ساعد حمض الكبريت المركز في التفاعل على هذا الشكل بامتصاصه الماء الناتج :

ويمكن أن يتشكل أيضاً ثنائي النتروبنزين $C_6H_4(NO_2)_2$ وثلاثي النترو بنزين $C_6H_3(NO_2)_3$ وهو من المتفجرات القوية .

استحصاله :

يلجأ في الصناعة الى استحصال البنزين من نواتج تقطير الفحم الحجري تقطيراً اتلافياً اي بتسخينه بمعزل عن الهواء الى الدرجة ١٠٠٠°م تقريباً فينتج عن التقطير الى جانب غاز الاستصباح وفحم الكوك سائل لزج يدعى قطران الفحم ، وكل طن من الفحم الحجري يعطي ٦٠ الى ٧٠ كغ من القطران .

يقطر القطران فينتج في الدرجات المختلفة من الحرارة الاجسام التالية :

من ٨٠° — ١٥٠°م تتقطر الزيوت الخفيفة .

من ١٥٠° — ٢١٠°م تتقطر الزيوت المتوسطة .

من ٢١٠° - ٢٨٠°م تتقطر الزيوت الثقيلة .

وتبقى مادة سوداء هي القار تستعمل في تعبيد الطرقات .

أما الزيوت الخفيفة فتحوي على البنزين بنسبة كبيرة الى جانب مواد أخرى ، تعامل هذه الزيوت بمحلول الصود الكاوي ومحلول حمض الكبريت فينفصل مزيج من مركبات الكربون الهيدروجينية ويطفو على سطح السائل فيفصل . يحوي هذا المزيج على البنزين والتولوئين والكسيلين ويدعى بالبنزول .

يقطر البنزول تقطيراً مجزأ ، فينفصل البنزين عن مرافقيه لانه يغلي في الدرجة ٨٠°م بينما يغلي التولوئين في الدرجة ١٤٠°م .

ان كل طن من الفحم الحجري يعطي بالتقطير حوالي ١٠٠غ من البنزين .



الفصل السادس

الفنول

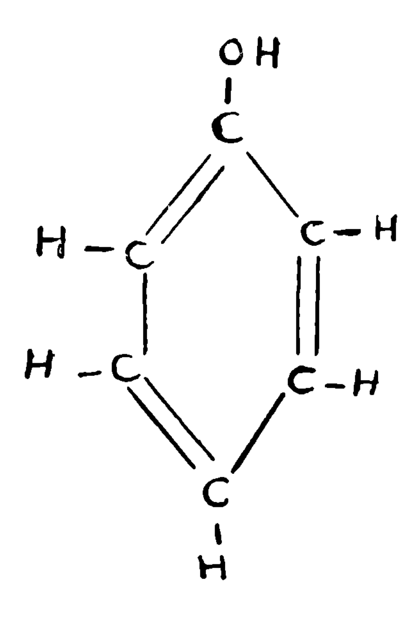
١ — الفنول .

٢ — صناعة اللدائن .

١ — الفنول C_6H_5OH

صيغته :

تنتج صيغة الفنول من صيغة البنزين باستبدال ذرة هيدروجين بجذر أكسدريلي OH — لذلك فهو يشبه البنزين في بعض تفاعلاته لاحتوائه على النواة البنزينية ، واليك صيغته المفصلة :



خواصه الفيزيائية :

الفنول جسم صلب متبلور . لا لون له ويصبح بلون رمادي بتماس الهواء ، له رائحة قوية ، ينصهر في الدرجة ٤٣°م ويغلي في الدرجة ١٨٠°م .

يذوب الفنول بالماء لكنه اكثر ذوباناً في الغول ، وهو من الاجسام الكاوية جداً يؤثر على الجلد ويجعله أبيض .

يقتل الجراثيم لذلك يستعمل محلوله بنسبة ٣٪ كمطهر ، ويجب الحذر عند استعماله لانه سام وكاوي .

خواصه الكيميائية :

١ — صفته الحامضية :

يتحد الفنول مع ماءات الصوديوم ويعطي فنات الصوديوم وماء :

$$C_6H_5OH + NaOH \rightleftarrows C_6H_5ONa + H_2O$$

من الواضح أن الفنول يتفاعل كحمض لذلك كان يطلق عليه قديماً اسم حمض الفنيك وهو من الحموض الضعيفة اذ لا يؤثر في عباد الشمس الا بالتسخين ، ولا يحلل الكربونات ولا يؤثر الا في المعادن القلوية .

ونذكر تفاعله مع محلول كلور الحديد الممدد جداً لأهميته في الكشف عن الفنول اذ يعطي مركباً معقداً بلون بنفسجي .

٢- صفته الغولية :

يتفاعل مع الحموض العضوية كحمض الخل ويعطي خلات الفنيل وماء .

$$C_6H_5OH + CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COOC_6H_5 + H_2O$$

فهو يسلك سلوك الاغوال لكنه يختلف عنها بعدم تأثره بحمض كلور الماء لتشكيل اترات ملحية .

٣ - صفاته البنزينية :

أ - تفاعلات ضم :

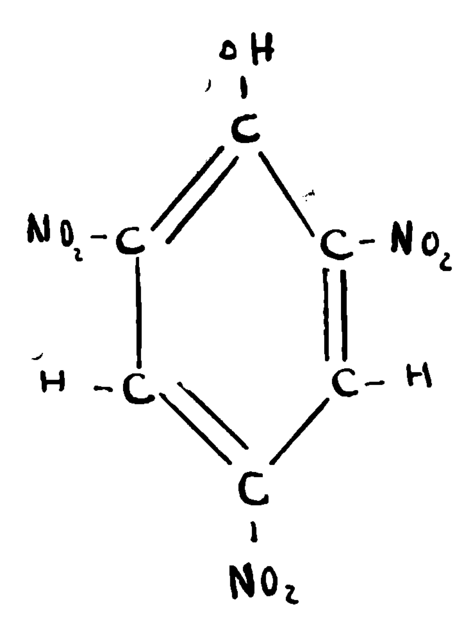
يقوم الفنول بتفاعلات ضم كالبنزين فهو يضم الهيدروجين بوجود وسيط في الدرجة ١٨٩°م ويعطي $C_6H_{11}OH$ وهو من المركبات الهامة المستعملة في صناعة النايلون الحديثة العهد (١٩٣٨) .

ب - تفاعلات مبادلة :

يقوم الفنول بتفاعلات مبادلة بتأثير الكلور ويعطي مثلا أحادي كلور الفنول $C_6H_4 < {OH \atop Cl}$

ويتفاعل بسهولة أكثر من البنزين مع حمض الكبريت المركز ويشكل مركبات سلفونية كالفنول أحادي السلفون $C_6H_4 < {HO \atop SO_3H}$

ويسبق الفنول البنزين في تفاعلات النترجة ، ويعطي الفنول الاحادي أو الثنائي أو



الثلاثي النترو ، والمركب الاخير هو أهمها من الوجهة العملية ويدعى حمض البيكريك أو حمض المر ، وهو جسم صلب متبلور أصفر اللون مر المذاق ، وحمض البيكريك المنصهر من المتفجرات القوية يعرف باسم ميلينيت ويستعمل في حشو القنابل ، ويفيد محلوله الاصفر في صبغ الحرير والصوف ، كما يستعمل في معالجة الحروق .

الوظيفة الفنولية :

بما أن الفنول الذي يتصف بصفات حامضية يسلك سلوك الاغوال ويحافظ على خواص نواته البنزينية ، فهو ينفرد بخواص تميزه عن الاغوال تدعى بالوظيفة الفنولية وكل الاجسام التي تشبه الفنول في صفاته الكيميائيـــة تحوي على القسم الوظيفي الذي يتألف من النواة البنزينية والجذر الهيدروكسيلي OH — .

استحصاله :

أ ـ استخراجه من القطران :

ذكرنا عند بحثنا عن البنزين أنه بتقطير القطران ينتج زيوت متوسطة بين الدرجتين ١٥٠°م – ٢١٠°م ، تبرد هذه الزيوت فيتجمد النفتالين $C_{10}H_8$ المعروف في الاسواق . ثم تعامل الزيوت الباقية بالصود فتتحول الى فنات الصوديوم الذائبة ويمكن فصلها عن المزيج لان الزيوت المرافقة للفنول تطفو على سطح المحلول .

يعالج محلول الفنات بغاز ثاني أكسيد الكربون فيحرر الفنولات ، ويفصل الفنول عن بقية المركبات الفنولية بالتقطير المجزأ .

ب – استحصاله من احادي كلور البنزين :

يعامل أحادي كلور البنزين بمحلول الصود ويسخن في اناء مغلق الى الدرجة ٣٥٠°م فتنتج فنات الصوديوم .

$$C_6H_5\,Cl + 2\,Na\,OH \longrightarrow C_6H_5\,O\,Na + H_2O + Cl\,Na$$

ويتحرر الفنول من فنات الصوديوم بمعاملتها بحمض الكبريت الممدد .

٢ – صناعة اللدائن

تمهيد :

لقد حلت اللدائن Matières Plastiques مكان المعادن في مجالات كثيرة لرخص ثمنها وخفتها ، وهي منتجات صناعية تصادفها مراراً في حياتك اليومية ، اذن لما هي اللدائن ؟ هل هي أجسام تقتصر على مركب واحد ام هي ذات تراكيب متعددة ؟ لا بد الاجابة على هذا السؤال من تحديد معناها :

يقصد باللدائن الاجسام اللينة في مرحلة من مراحل صنعهـا أو في درجة معينة من الحرارة فيمكن أن تأخذ اشكالاً متباينة بضغطها في قوالب متنوعة . لا تلبث أن تتصلب وتقسو اما لانخفاض درجة حرارتها أو لتحول تركيبها .

يتبين لك من التعريف السابق ان هنالك أجساماً عـديدة تعتبر من اللدائن رغم تعدد مصادرها فمنها الطبيعي كالمطاط المقاوم (الايبونيت) والعاج ومنها الصنعي كما في الصناعات السلولوزية والنايلون والباكاليت والغالالايت .. الخ.

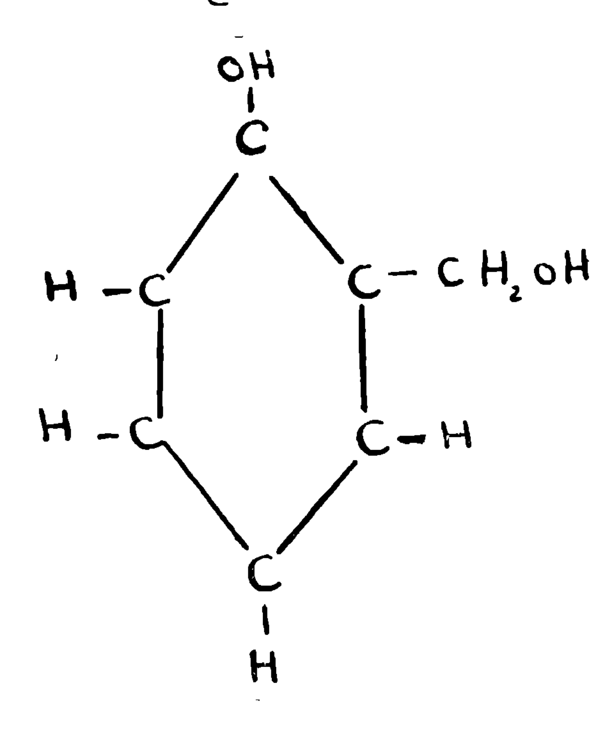
لا يقتصر تنوع اللدائن على اختلاف مصادرها بل يتبع أيضاً اختلاف الوسط الذي تشكلت فيه ان كان حامضياً أو قلوياً أو معتدلاً .

وسنشرح فيما يلي بعض الطرق في اصطناع اللدائن .

صناعة الباكاليت :

من خواص الفنول الهامة أنه يضم ألدهيد النمل H – CHO ويعطي غولا فنولياً .

يتضاعف هذا المركب بسهولة في وسط حامضي أو قلوي أو بوجود بعض الاملاح ، أي أن جزيئاته تتجمع بعدد معين وتؤلف جزيئاً ضخماً ، وتحصل مادة لينة يمكن ضغطها في القوالب فتأخذ الشكل المطلوب لا تلبث أن تقسو فتدعى حينئذ بالباكاليت نسبة الى العالم بكلاند Backeland فهو أول من درس اتحاد الفنول مع ألدهيد النمل وتضاعفه .



يستحضر الباكاليت في الصناعة بتسخين مزيج من الفنول ومحلول الفورمول التجاري الى الدرجة ٧٠°م بوجود وسيط . فيتشكل فنول غولي ، ويتضاعف الفنول الغولي بفعل الوسيط و يعطي الباكاليت الذي يذوب بسهولة في المذيبات العضوية كالغول والآسيتون ثم باستمرار التضاعف يحصل الباكاليت الذي يذوب في الآسيتون فقط ، وأخيراً يتشكل الباكاليت ح الذي يقاوم فعل المذيبات .

يستعمل الباكاليت ح كمادة عازلة في الكهرباء ، وتصنع منها قبضات السكاكين والصحون والفناجين والامشاط والازرار . ويستعمل الباكاليت أو الباكاليت ح في صناعة الورنيش وخيوط بعض المنسوجات في التلزيق .

صناعة الغلاليت : Calalithe

يمكن الحصول على اللدائن من البروتينات كالكازئين الذي يستخرج من الحليب أو من حبوب الصويا ، وتختلف اوصاف المادة اللدنة بحسب مصدر الكازئين . واليك طريقة صنع اللدائن من كازئين الحليب :

يضاف الى مسحوق الكازئين ربع وزنه من الماء كما نضاف اليه قليل من حمض الخل فينتفخ الكازئين ، ثم يعجن داخل مخلط ويضاف احياناً مواد ترابية أو ملونة ، وبتأثير الحرارة والضغط يتحول الى عجينة متجانسة لينة ، تضغط هذه العجينة في القوالب فتقسو وتأخذ الشكل المرغوب ، وبعد ذلك تعامل بالفورمول كي لا يتفسخ وتبقى في هذا المحلول مدة اسبوعين الى ثلاثة اسابيع ، ومن أرقى انواع اللدائن المصنوعة على هذا الشكل الغلاليت .

وتصنع من كازئين الصويا مواد لدنة مقاومة للحرارة تستعمل في صناعة الاشرطة السينمائية والفيبر .

صفات اللدائن العامة :

تمتاز اللدائن بصفات مشتركة تجعلها من المواد المفضلة في الاستعمالات اليومية ، تتراوح كثافتها بين ١ و ١٫٨ بحسب نوعها ، فهي أخف من الالمنيوم الذي يعد من أخف المعادن اذ تبلغ كثافته ٢٫٧ . لا تجيد نقل الحرارة ، وتقاوم معظم المؤثرات الكيميائية . بعضها لا ينقل التيار الكهربائي وهذا تابع لقابلية امتصاصها للماء . والى جانب ذلك تمتاز اللدائن بنعومتها ولمعانها ، وامكانية تلوينها بألوان زاهية جميلة .

استعمالاتها :

تستعمل اللدائن لصنع بعض الادوات المنزلية ، والاسفنج الصناعي ، وأغطية فوهات القوارير ، كما تدخل في صناعة الزجاج المقاوم ، وتستخدم في صناعة نماذج مدرسية للايضاح والجلد الاصطناعي ، وبعض المنسوجات ، وكثيراً ما تستعمل كمواد لاصقة .

الفصل السابع

الانيلين

١ — الانيلين $C_6H_5NH_2$

صيغته :

يحصل الانيلين بارجاع النتروبنزين ، فهو من المركبات التي تحوي على نواة بنزين لذلك تكتب صيغته على الشكل التالي :

خواصه الفيزيائية :

الانيلين جسم سائل عديم اللون يميل الى السواد بتماس الهواء ، رائحته كريهة تؤدي أحياناً الى القيء .

يغلي في الدرجة ١٨٢°م ويتجمد في الدرجة - ٨°م . قليل الذوبان في الماء كثير الذوبان في الغول والاتير . كثافته ١,٠٠٢ .

وهو سام جداً سواء عند ابتلاعه أو استنشاق أبخرته .

خواصه الكيميائية :

يمكن ان يعتبر الانيلين من مشتقات غاز النشادر باستبدال ذرة هيدروجين واحدة بجذر الفنيل C_6H_5 — . والمركبات التي تشتق من غاز النشادر على الطريقة السابقة تدعى بالامينات التي تتصف بصفات محلول النشادر الاساسية . فالانيلين اذن يحافظ على الخواص الاساسية بالاضافة الى الخواص البنزينية لذلك يدعى بالفنيل أمين .

١ — خواصه الاساسية :

أ - تأثير الكواشف الملونة :

ان محلول الانيلين يتصف بصفات أساسية أضعف من الصفات الاساسية لمحلول النشادر فهو لا يلون محلول فنول الفتالئين باللون الوردي ، لكنه يغير لون عباد الشمس الحساس من الاحمر الى الازرق .

ب - تأثير الحموض :

يتفاعل محلول الانيلين مع الحموض كحمض كلور الماء وحمض الكبريت الممدد وحمض الخل ويضمها ، فيشكل أملاحاً متبلورة ذوابة في الماء . فمع حمض كلور الماء ينتج كلور فنيل الامونيوم .

ح ـ تأثيره في الاملاح :

يفعل الانيلين بالاملاح المعدنية كما يفعل محلول النشادر ويعطي ماءات غير ذوابة . فهو يطرد الاسس غير الذائبة من املاحها .

فاذا عومل محلول كلور الحديد بمحلول الانيلين تشكل راسب من ماءات الحديد $Fe(OH)_3$.

٢ ـ تأثير الاجسام المؤكسدة :

ان الانيلين حساس جداً بالنسبة للاجسام المؤكسدة ويعطي نواتج عديدة تختلف باختلاف الجسم المؤكسد وحموضة الوسط ، ان لهذه النواتج أهمية صناعية كبرى فهي من المواد الملونة المستعملة في صناعة الاصبغة .

٣ ـ تأثير حمض الآزوتي :

يؤثر حمض الآزوتي في الدرجة ٠,٠°م على الانيلين ويعطي ديازوبنزين :

$$C_6H_5NH_2 + NO_2H \longrightarrow C_6H_5 - N{=}N - OH + H_2O$$

وتتم هذه العملية بتبريد مزيج من الانيلين وحمض كلور الماء بمزيج من الجليد والملح ، ثم يضاف نتريت الصوديوم ببطء .

ان مركبات الديازو من المركبات الهامة في اصطناع مواد ملونة كثيرة الانواع والعدد.

٤ ـ الخواص البنزينية :

يشبه الانيلين البنزين في تفاعلاته فهو قادر على تفاعلات الضم ، فيضم الهيدروجين ويعطي مركبات قليلة الفائدة . ومن أهم مشتقاته المشتقات النترية والسلفونية التي تستعمل في صناعة الاصبغة .

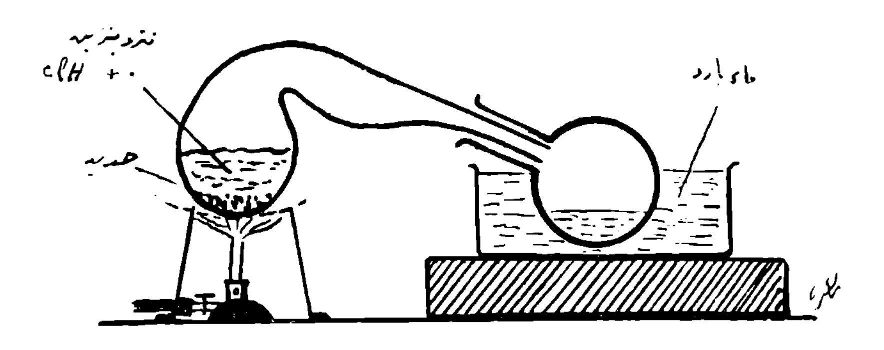
استحصاله :

يستند مبدأ تحضير الانيلين على ارجاع النتروبنزين بالهيدروجين الوليد في وسط حامض أو بوجود وسيط :

$$C_6H_5NO_2 + {}_3H_2 \longrightarrow C_6H_5NH + 2\ H_2O$$

١ — الارجاع في وسط حامضي :

يمكن اجراء هذه الطريقة بسهولة في المختبر : يوضع مزيج من برادة الحديد وحمض كلور الماء والنتروبنزين في معوجة ، وتسخن بلطف حتى يبدأ المزيج بالتفاعل فيتحرر الهيدروجين الوليد بتأثير حمض كلور الماء على الحديد ويرجع النتروبنزين . يحصل هذا التفاعل بشدة وتنطلق أبخرة الانيلين مع النتروبنزين وتتكاثف في الحوجلة المغموسة في حوض ماء بارد كما هو مبين في الشكل (٣١) . ثم يعاد مزيج الانيلين والنتروبنزين الى المعوجة كي يتم التفاعل . ويمكن الكشف عن الانيلين باضافة ماء جافيل الذي يعطي لوناً بنفسجياً .

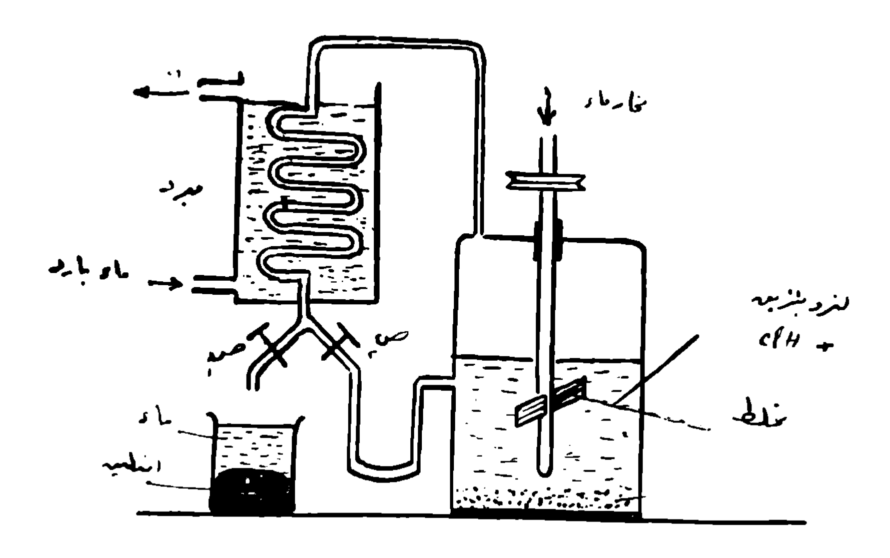


(شكل ٣١) استحصال الانيلين في المخبر

وتتبع في الصناعة الطريقة نفسها في استحصال الانيلين ، والشكل يبين صورة مبسطة الاجهزة المستعملة . وتتألف من مرجل يحوي على مخلط وفيه فتحة لامرار بخار الماء، ومبرد حلزوني ينتهي بأنبوبين يغلقان ويفتحان بواسطة صنبورين ص١ و ص٢ ، يتصل الانبوب الاول بالمرجل وثانيها ينتهي فوق حوض لجمع الانيلين (شكل ٣٢) .

يوضع مزيج من النتروبنزين وبرادة الحديد وحمض كلور الماء في المرجل ، ويمرر في المزيج تيار من بخار الماء فيجرف معه أبخرة الانيلين والنتروبنزين فتتكاثف في المبرد ، ويكون الصنبور ص١ أثناء هذه الفترة مغلقاً ، والصنبور ص٢ مفتوحاً ، فيعود السائل

المتكاثف الى المرجل ثانية وهكذا تتكرر العمليـة الى أن يتم الارجاع . ثم يضاف لـبن الكلس ، ويفتح الصنبور ص١ بدلا من الصنبور ص٢ ، ويقطر المزيج ببخار الماء فتنطلق أبخرة الانيلين وتتكاثف في المبرد ويجمع الانيلين في الحوض المعد لذلك .



(شكل ٣١) استحصال الانيلين في الصناعة

٢ — صناعة الاصبغة

تمهيد :

عرف المصريون القدماء كيفية تحضير بعض الاصبغة للاستعمالات المختلفة كصبغ الاقمشة وتلوين الاحجار الكريمة والخزف وتحضير الخضاب (الحناء) ، وتزيين الجدران . وقد برع الفينيقيون أيضاً في صناعة الاصبغة فيما بعد حيث انتشرت هذه الصناعة على طول ساحل البحر الابيض المتوسط .

وكانت تأتي من الهند أصبغة متنوعة أهمها صباغ النيلة الذي اشتهرت بانتاجه الهند بكميات وافرة حيث كانت تعتمد في بناء اقتصادياتها على تجارة النيلة في الدرجة الاولى .

وظهرت بعد ذلك الاصبغة المعدنية مثل كبريت الزئبق SHg المعروف بالسينابر والسيلقون Pb_3O_4 والليتارج أي اكسيد الرصاص PbO .

وبدأت دراسة الكيمياء تتوسع وتنتشر ، وكان من جراء ذلك ونتيجة للابحاث والتحريات المختلفة ان ظهرت طائفة من المواد الصباغية والاصطناعية فاكتسحت الاسواق العالمية وحلت محل المواد الصباغية الطبيعية التي تستخرج من بعض النباتات والقواقع البحرية .

ومن الاصبغة الاصطناعية أصبغة الانيلين التي أثر اكتشافها على مجرى الاقتصاد العالمي وبالرغم من الجهود التي قام بها الكثيرون لتحسين الاصبغة الطبيعية فانها لم تستطع الوقوف في وجه الاصبغة الاصطناعية الاكثر جودة والاوفر غنى بتنوعها .

وقد توالت أبحاث العلماء في هذا المضمار وأخذ عدد الاصبغة العضوية الاصطناعية يرتفع ويزداد حتى أربى على عشرات الآلاف .

الاصبغة العضوية الاصطناعية :

يوجد حالياً ما يزيد على ٢٠ ألف صباغ تعود في أصلها الى ألفي نوع كيميائي معروف وكثيراً ما نجد أصبغة لها نفس التركيب الكيميائي تباع في الاسواق تحت اسماء مختلفة ويعود ذلك الى اختلاف طرق تحضيرها ، لان هذا الاختلاف يؤثر في خواصها الصباغية .

وقد وضعت طرق متعارف عليها لتسمية هذه الاصبغة بأسماء تجارية لانه من الصعوبة بمكان تسميتها بالنسبة لتركيبها الكيميائي ذلك التركيب المتنوع والمعقد جداً . نجد في الاسواق مثلا صباغ أحمر J_1 واحمر J_2 أو أحمر B_4 لا تختلف عن بعضها الا في شدة اللون .

وتصنف المواد الصباغية وفقاً لبعض خواصها الكيميائية أو الفيزيائية فهنالك مثلا :

الاصبغة الحامضية : تشكل لدى انحلالها محاليلا حامضية نظراً لوجود جذور حمضية في تركيبها مثل SO_4H — و COOH . ومن مميزات هذه الاصبغة انها تصبغ النسج ذات الاصل الحيواني كالصوف .

الاصبغة الاساسية : وهي أصبغة ذات تفاعل اساسي . وهي قليلة الانحلال جداً بالماء ولا تنحل بصورة جيدة الا اذا عوملت بحمض مناسب .

الاصبغة المعتدلة : وهذه الاصبغة لا تصبغ النسيج اذا حولت الى مركبات جديدة منحلة كي تثبت على النسيج كالنيلة .

المواد الاولية التي تصنع منها الاصبغة :

١ ــ مشتقات البنزن : يعتبر الفنول C_6H_5OH وكذلك أحادي كلور البنزن C_6H_5Cl والنتروبنزن $C_6H_5NO_2$ الذي يحول الى أنيلين من المواد الاولية الهامة في صناعة الاصبغة. ويمكن تحضير هذه المواد ابتداء من البنزن الذي يستخلص بدوره من تقطير الفحم الحجري كما ذكرنا .

٢ ــ النفتالين والانتراسين : يعتبر النفتالين أيضاً من المصادر الهامة للاصبغة وصيغته $C_{10}H_8$ ، وكذلك الانتراسين وصيغته $C_{14}H_{10}$.

تستخلص هذه المواد من الفحم أيضاً . ومن هنا يتضح لك مقدار أهمية الفحم الحجري لا كوقود بل كمصدر أساسي لصناعات كيميائية متنوعة وعديدة .

ان المواد الاولية السابقة ليست في حد ذاتها أصبغة ، بل تشتق منها الاصبغة بعمليات كيميائية متنوعة مهمة جداً ، كالهلجنة والنترجة والسلفنة .

وتعتبر جميع المواد الناتجة من العمليات السابقة مواد تحضيرية للاصبغة المتنوعة والمتعددة التي تستخرج منها ، وسنتكلم فيما يلي بايجاز عن بعض هذه الاصبغة كاصبغة الانيلين فقط نظراً لاهميتها .

اصبغة الانيلين :

١ - تشتق من الانيلين اصبغة عضوية تحوي على المجموعة $-N=N-$ وتسمى اصبغة آزو ، وقد مر معك في بحث الانيلين تأثير حمض الآزوتي على الانيلين ، وتبين انه يتشكل بنتيجة التفاعل ديآزو بنزن .

فاذا اضيف الى محلول الديآزو بنزن وحمض كلور الماء قليل من الانيلين تحصل بالتسخين مادة صباغية صفراء تدعى بأصفر الانيلين .

واذا اضيف الى محلول ديآزو بنزين وحمض كلور الماء قليل من الفنول عوضاً عن الانيلين لتشكلت مادة صباغية برتقالية .

٢ — بتأثير بعض المواد المؤكسدة يعطي الانيلين عدداً كبيراً من المواد الصباغية :

يؤثر ماء جافيل الممدد او كلور الكلس في الانيلين ويعطي لوناً بنفسجياً ، ويشكل تحت بروميت الصوديوم مع الانيلين راسباً بلون برتقالي . وان ثاني كرومات البوتاسيوم تؤثر في الانيلين في وسط حامضي ، وتنتج مادة ملونة شديدة الزرقة . اما اللون الاسود فيحصل من معاملة الانيلين بكلورات الصوديوم او املاح الحديد ، ويسمى هذا الاسود بأسود الانيلين لا يتأثر بالغسيل ولا بالحموض .

كيفية الصبغ :

تختلف الطرق المتبعة في الصباغة باختلاف طبيعة المادة المراد صبغها وباختلاف الصباغ المستعمل . على العموم تكون صباغة الانسجة البيضاء النقية أسهل وأدق من صباغة الانسجة الخام . ومن الضروري أن يكون الماء المستعمل في مغطس الصباغة نقياً قدر الامكان وخالياً من المياه الكلسية والمغنزية التي تعيق عملية الصباغة .

يشكل عادة محلول من الصباغ الذي يراد الصبغ به ويضاف اليه بعض المساعدات على الصباغة مثل الصابون او كربونات الصوديوم التي من شأنها ان تبطيء عملية الصباغة ، وهذا ما يساعد على نفوذ المادة الصباغية في النسيج أو غيره وصبغه بصورة متجانسة ، وبعد ان يحضر هذا المحلول يوضع في مغطس للصباغة ويضاف اليه الجسم المراد صبغه .

وبعد نفاذ المادة الصباغية في النسيج أو المادة المصبوغة يضاف بعض الاملاح المثبتة منها كلور الصوديوم او كبريتات الصوديوم او كربوناته التي تمنع انحلال الصباغ بعد ان يتشرب بالمادة المصبوغة .

ثم تجفف المادة المصبوغة وتمرر أحياناً مرة أخرى في محاليل تحوي مواد كيميائية معينة لزيادة ثبات الصباغ اتجاه الغسيل أو النور .

وهناك طريقة أخرى للصباغة ، يتشكل الصباغ فيها على النسيج نفسه كما هي في اسود الانيلين الذي يصبغ به على الطريقة التالية :

يشرب القطن بصورة جيدة بمحلول ممدد حامضي من الانيلين ، يضاف الى المحلول بعد ذلك مادة مؤكسدة مثل الكلورات فيتأكسد الانيلين ويتحول الى صباغ اسود بالتدريج . ويمتاز القطن المصنوع بهذه الطريقة بوميض برونزي ولكنه غير ثابت تجاه الاحتكاك ، ولكن اذا غسل بالماء الساخن والصابون يخف وميضه ويصبح أكثر مقاومة للاحتكاك .



الوحدة الثالثة

العلوم الطبيعية

التغذية في الانسان

الاغذية والخمائر

يستهلك الانسان مجموعة من المواد تعرف بالاغذية (كاللحم والخضار والحبوب والخبز والجبن) لتستدرك منها القدرة اللازمة للقيام بأفعاله الحيوية الضرورية ولتضمن نموه وترميم ما يتلف من أجهزته ومادته الحية . وتقسم الاغذية من حيث طبيعتها الكيمائية الى أربعة أقسام :

١ - **السكريات** : وهي مواد عضوية تتألف من اتحاد ثلاثة عناصر : الفحم ، والهيدروجين ، والاوكسجين ، ويكون العنصر الاول فيها بنسبة الثلث وتدخل في بناء القسم الاعظم من النسج الحيوانية والنباتية ، وتقسم السكريات الى ثلاثة أقسام :

آ - السكريات الاحادية : وهي أبسط السكريات $C_6H_{12}O_6$ ، منها سكر العنب الذي يوجد في الفواكه والعسل والدم وفي بول المصابين بداء السكر ، وسكر الثمار والغالاكتوز .

ب - السكريات الثنائية : وتكون من اتحاد ذرتين من السكريات الاحادية $C_{12}H_{22}O_{11}$ ونذكر منها سكر القصب وهو السكر العادي المعروف ويوجد في قصب السكر والشمندر ، ومنها سكر الشعير وسكر الحليب (اللابن) ، الذي يصادف في لبن الثديات بصورة عامة .

حـ - السكريات المتعددة : وتتكون من اتحاد عدة سكريات احادية $(C_6H_{10}O_5)^n$ وتبدو بأشكال عديدة كالنشا ومولد السكر والسللوز .

تجربة : مشاهدة حبات النشا بالمجهر .

يصادف النشا كمدخر غذائي في كثير من النباتات كالبطاطا والحبوب (القمح والرز) وهو يتألف من حبيبات تنتفخ بالماء ، ويتشابه النشا مع مولد السكر في كثير من

الصفات ، لذا كثيراً ما يسمى هذا الاخير النشا الحيواني لأنه يتشكل في كبد الحيوانات ، اما السللوز فهو يؤلف الجدار الخلوي في النباتات ولكنه لايتمتع بقيمة غذائية اذ لا يهضم في الجسم لعدم توفر الخمائر الهاضمة الخاصة به .

٢ – **الدسم** : وهي تشكل مجموعة غير متجانسة من منشأ حيواني أو نباتي ، وقد صنفت في زمرة واحدة لاحتوائها على حموض دسمة كجزء من ذرتها التي تكون غالباً معقدة ، وهي تشمل الشموع والشحوم والدسم الفوسفورية والدسم السكرية .

آ – الدسم الحيوانية : وهي مشتقات حيوانية (الدهن ، السمن ، الزبدة ، وزيت كبد السمك وصفار البيض) تكون عادة صلبة في الدرجة الاعتيادية من الحرارة .

ب – الدسم النباتية : وهي على نقيض الفئة الاولى ، سوائل زيتية كثيفة لزجة كزيت الزيتون وزيت بزور الكتان وزيت الخروع وزيت بزور القطن وزيت الفستق السوداني ، وتشذ عنها زبدة الكاكاو التي تكون صلبة ، ويجب ان نميز هنا بين الزيوت الدسمة وبين الزيوت الطيارة كعطر النعنع والاكاليبتوس وغيرها التي لا تمت الى المواد الدسمة بصلة .

وتوجد الدسم في البدن الحي بشكل مدخرات تشكل نسيجاً خاصاً يسمى النسيج الشحمي يصادف في نواح متعددة من الجسم خاصة تحت الجلد ، وتدخر الدسم أيضاً بين الطبقات العضلية وفي الدم واللبن (بشكل مستحلب) وفي خلايا الكبد ونقي العظام ، وتعتبر الدسم مصدر قدرة حرورية ومدخراً لها لحين الحاجة ، وهي في هـذا المجال تفوق السكريات والبروتيدات ، إذ يعطي الغرام الواحد من الدسم قدرة ما تعادل ما يعطيه غرامان من السكريات والبروتيدات .

٣ – **البروتيدات** : تعتبر البروتيدات مركبات معقدة تتألف من مواد أو واحدات أبسط تركيباً تسمى الحموض الامينية ، تماماً كما تتركب السكريات من اجتماع السكاكر الاحادية ، وهي مركبات رباعية تحوي الفحم والهيدروجين والاوكسجين والآزوت وقد تحوي أحياناً الكبريت والفوسفور والحديد واليود ، كما وتصادف في جميع الخلايا الحيوانية أو النباتية إذ تعتبر الجزء الرئيسي فيها . فالبروتيدات من مصدرين : الأول حيواني (اللحوم

البيض واللبن والجبن . .) والثاني يشمل الحبوب على انواعها والخبز ، ولا تحتوي البطاطا والنباتات الا القليل من البروتيدات . والحيوانية منها أقرب بتركيبها الى بروتيدات جسم الانسان من البروتيدات النباتية .

وتؤمن البروتيدات النمو وترميم النسج اذ تعتبر الغذاء الوحيد الذي يحوي الكبريت والآزوت ، ولكن الزائد منها على حاجة الجسم يستهلك كالسكريات والدسم في سبيل توليد القدرة لأن البدن لا يستطيع ادخارها .

الخمائر : تطرأ على الاغذية في البدن الحي تفاعلات كيميائية غايتها تحرير القدرة الكامنة في الغذاء ، وتتم هذه التفاعلات في مرحلتين : الاولى في القناة الهضمية والثانية في الخلايا الحية ذاتها . فالذرات العضوية الكبيرة تتحطم الى ذرات أصغر فأصغر (وهذا يسمى التحليل) ثم يعود البدن الحي فيبني من بعض هذه الذرات الصغيرة مادته الخاصة (وهـــذا يسمى التركيب) بينما يستفيد من البعض الآخر كمصدر للقدرة .

ونستطيع في المختبر اجراء بعض من هـــذه التفاعلات الكيميائية ، الا اننا نحتاج لاتمامها الى شروط قاسية كاستعمال الحموض أو القلويات القوية أو اللجوء الى الغليان مدة طويلة أو غيرها من الطرق التي لا تتناسب مطلقاً مع شروط الحياة ، اما في البدن الحي فتتم هذه التفاعلات بسهولة وفي درجة حرارة الجسم بواسطة عوامل كيميائية خاصة تفرزها الغدد أطلق عليها اسم الخمائر .

صفات الخمائر : تعتبر الخمائر مواد كيميائية ذات طبيعة بروتيدية تستطيع بدء وتسريع التفاعلات الكيميائية في البدن الحي ، ويمكن استخلاصها من العصارات التي تحويها بترسيبها بالغول القوي ثم حلها بالماء او الحلوين ، وتتميز الخمائر بصفات خاصة نذكر منها :

١ — نوعيتها : غالباً تكون الخميرة نوعية ، لا تؤثر الا في مادة كيميائية معينة واحدة تسمى المادة المتأثرة ، فالخمائر المؤثرة في السكريات لا تؤثر في البروتيدات أو الدسم كما أن الخميرة التي تؤثر في سكر معين لا تؤثر في غيره من السكريات . ويوجد في البدن ، والحالة هذه ، عدد كبير من الخمائر يناسب تنوع تركيب المواد الغذائية .

٢ - آلية تأثيرها : لا تزال آلية تأثير الخمائر غامضة حتى الآن ، انما يعتقد أن تأثير كثير من الخمائر الهاضمة يتم بواسطة (الحلمأة) فتتحـــد المـادة بتأثير خميرتها مع شوارد المـاء (H ، OH) وينقسم الى قسمين : الاول يتحـــد مع شـاردة (H) والثاني مع شاردة (OH) ، فخميرة سكر القصب تحلل سكر القصب الى ذرة من سكر العنب وذرة من سكر الثمار ، ومما يجب الاشارة اليه هو أن الخمـيرة لا تدخل كعنصر أساسي في التفاعل بل كعامل بالتماس يبقى على حاله بعد انتهاء التفاعل :

سكر القصب + ذرة ماء + سكراز = سكر عنب + سكر الثمار + سكراز

٣ — انقلاب عملها : قد ينقلب عمل الخميرة في بعض الشروط الخاصة فيسير التفـاعل في الاتجاه المعاكس ، فالخميرة التي تحول سكر العنب الى مولد سكر تعود ، اذا توفرت لها الشروط الملائمة ، فتحول مولد السكر الى سكر عنب .

طلائع الخمائر : تكون الخمائر في الخلايا التي تفرزها بشكل طليعة خميرة أي بشكل غير فعال فالهضمين مثلا تكون بحالة مولد الهضمين في خلايا المعثكلة ، ثم تنقلب الى شكل فعال أثر وصولها الى الامعاء . وقد لا يتم هذا الانقلاب الا بوجود عامل خاص يسمى مساعد الخميرة .

٣ — شروط عملها : تتأثر الخمائر بالعوامل الفيزيائية والكيميائية فيتوقف عملها في درجة الصفر وتتلف بالغليان وتبلغ أوج نشاطها في درجة فضلى (٣٠° — ٤٥°) ، كما أن لتفاعل الوسط تأثيراً كبيراً عليها فبعضها لا يعمل الا في الاوساط الحامضة بينما يفضل البعض الآخر الأوساط القلوية . ويحتاج بعض الخمائر لبدء عمله الى شوارد معدنية معينة فخميرة التخثر لا تعمل الا بوجود شاردة الكلس (Ca) .

تصنيف الخمائر الهاضمة : تصنف الخمائر الهاضمة حسب نوع الغذاء الذي تؤثر فيه :

١ - الخمائر الحالة للسكريات : وهي تحلمىء السكريات ويعتبر لها نوعان :

آ — خمائر السكريات المتعددة : وتحول النشا الى يمينيـات وسكر شعير ونذكر منها البتيالين اللعابية والأميلاز المعثكلية .

خمـائر السكريات الثنائيـة : وتحلمىء السكريات المركبـــة الى سكريات بسيطـة

(أحادية) ونذكر منها المالتاز والسكراز واللاكتاز وهي تحول سكر الشعير الى سكر عنب وسكر القصب الى سكر عنب وسكر الثمار وسكر اللبن الى غالاكتوز وسكر عنب .

١ - الخمائر الحالة للدسم : وتحلىء الدسم الى حموض دسمة وحلوين وتوجـد في العصارات الهاضمة .

٢ - الخمائر الحالة للبروتيدات : وتحلىء البروتيدات الى مركبات أبسط تختلف باختلاف الخميرة المؤثرة فالبروتيدات تتحلل الى آحوزات ثم الى هضمونات ثم الى كثيرات الهضميد وأخيراً الى حموض آمينية ، ونذكر من هذه الخمائر الهضمين المعدي والهضمين الثلاثي المعثكلي .

الهضم

الهضم سلسلة من العمليات المعقدة غايتها تحويل الاغذية الى شكل قابل للامتصاص . وتبدأ عمليات الهضم هذه منذ دخول الاطعمة الى الجهاز الهضمي لذا سنتبع مصير الاغذية في كل جزء من اجزاء هذا الجهاز . وبعد عمليات الهضم تدخل المواد الناتجة عنه الى الدم حيث تتوزع في الاعضاء .

وقد قسم الهضم تسهيلا للدراسة الى هضم معدي وهضم معوي .

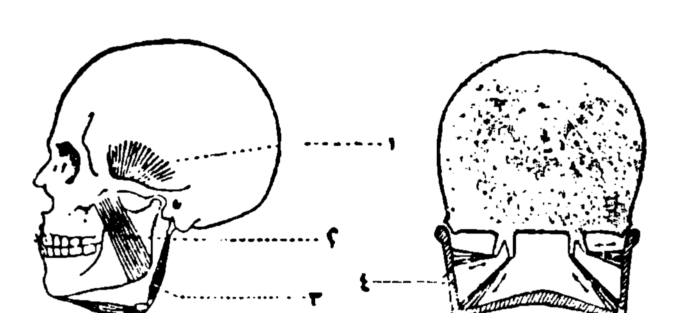
الهضم الفمي

متى دخل الطعام الى الفم خضع لعاملين : عامل آلي وهو المضغ ، وعامل كيمياوي وهو اللعاب (الهضم اللعابي) .

المضغ : تقطع الاسنان الاغذية الصلبة إرباً ، وتسحقها بفضل حركات الفك السفلي ، وهي حركات رفع وخفض وطحن ، وتقوم بتحريك الفم عضلات تدعى عضلات المضغ . شكل (١) ومن البديهي أن المضغ الجيد يسهل هضم الاغذية إذ نعرف جيداً ان المضغ الناقص يحدث كثيراً من الآفات المعدية المعوية والبردات (سوء الهضم) . أما مركز المضغ فهو في البصلة السيسائية .

الهضم اللعابي :

يرطب اللعاب الاطعمة في أثناء سحقها ، ويدعى ذلك بالتلعيب . واللعاب سائل يسهل الحصول على كمية كبيرة منه بتنشيط الغدد التي تفرزه، وحضها على الافراز ، وذلك بمضغ كرة صغيرة من المطاط ، وبتوجيه الخرة الاتر الى الفم ، ويستحصل اللعاب صافياً بوضع مسابير في قنوات الغدد اللعابية المبرزة .



شكل (١) عضلات المضغ
١ – العضلة الصدغية ٢ – العضلة الماضغة
٣ – ذات البطنين

واللعاب في الفم ، مزيج من لعاب الغدة النكفية ، والغدة تحت الفك ، والغدة تحت اللسان . وهو سائل رائق تفاعله قلوي ، يحتوي في تركيبه على ماء (٩٩٥ بالالف) وأملاح معدنية بشكل كلورات قلوية ، أو فصفات كلسية ، مع أثر من سلفوسيانور البوتاسيوم ، تترسب احياناً على سطح ميناء الاسنان ، فتكون القلح . ومن مخاطين تجعل اللعاب خائطاً ومن خميرة تدعى خميرة اللعاب تفعل في المواد النشوية ، وتراوح كمية اللعاب في اليوم الواحد بين ٣٠٠ و ٥٠٠ غرام .

وظيفة اللعاب : أ – يحل اللعاب الاطعمة القابلة للانحلال كالسكريات ، ويلين الاطعمة الصلبة ويزلقها .

ب – تؤثر خميرة اللعاب بوسط قلوي في الاطعمة النشوية المطبوخة فتهضمها قسمياً .

والهضم اللعابي قليل الشأن ، اذ ان الاطعمة لا تلبث في الفم مدة كافية لاتمامه ولا يخل استئصال الغدد اللعابية من حيوان أعمال الهضم فيه أبداً ، بل يفضي الى عطش شديد يتطلب معه الحيوان الماء ، لترطيب الماء .

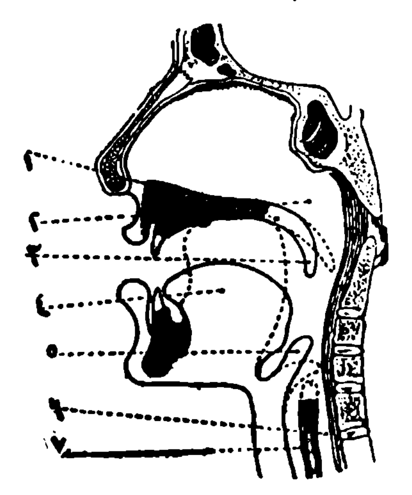
افراز اللعاب : افراز اللعاب عمل مستمر ، يزيد في اثناء تناول الطعام وهو فعل

انعكاسي ينشأ من تماس الاغذية ذات الطعم مع مخاطية الفم (التنبيه الفمي) ، وقد تحدثه بغزارة رؤية الطعام الشهي (التنبيه البصري) كما تزيد الرائحة في كميته زيادة محسوسة (التنبيه الشمي) . ويكفي أحياناً تذكر طعم ألوان شهية من الطعام . لحدوث إلعاب غزير (التنبيه الدماغي) ، ومن هنا نشأ القول السائر (سال له لعابه) . فاذا عودنا كلباً سماع صوت جرس في كل مرة نقدم له فيها لحماً ، فانه يلعب (يسيل لعابه) كلما سمع صوت الجرس ، حتى ولو أمسكنا عن تقديم الطعام اليه . ويقع مركز افراز اللعاب في البصلة السيسائية .

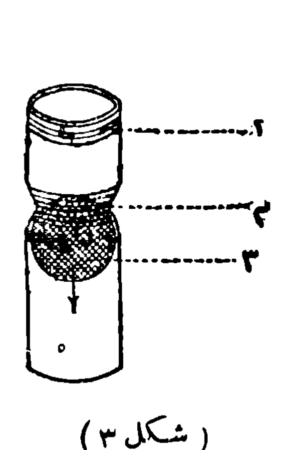
البلع

متى تم مضغ الاطعمة وعجنها باللعاب ، يجمع اللسان كتلة واحدة ذات قوام لين ، تدعى اللقمة الطعامية ، ثم يدفعها الى البلعوم ، والبلع سلسلة من الحادثات تسوق اللقمة الطعامية من الفم الى المعدة ، ونميز فيه الادوار التالية :

يغلق الفم ويسقط اللسان الى الوراء ، وينطبق سطحه العلوي على قبة الحنك فتندفع اللقمة الى البلعوم . وينعطف الحفاف شكل ٢ (شراع الحنك) مع لهاته الى الوراء والاعلى



(شكل ٢) ترسيم يبين حركات البلع
١ — الحفاف (شراع الحنك) ٢ — حفرة أنفية
٣ — اللهاة ٤ — لسان ٥ — لسان المزمار
٦ — المريء ٧ — الرغامى



(شكل ٣)
الحركات في المريء
١ — عضلة دائرية
٢ — عضلة دائرية متقلصة
٣ — اللقمة الطعامية

فيسد الحفرتين الانفيتين الخلفيتين . وترتفع الحنجرة في الوقت نفسه بتقلص العضلات الرافعة ، فيصطدم لسان المزمار فيها بقاعدة اللسان وينثني نحو فوهة الحنجرة فيسدها . ولا تبقى هكذا الا طريق واحدة ، تسلكها اللقمة مدفوعة بتقلص العضلات في أعلى البلعوم ومتى وصلت اللقمة الى المريء ، أحدثت في عضلات جداره الدائرية ، تقلصاً يضيق لمة المريء ، وينتشر هذا التقلص تدريجياً في المريء . من القريب فالاقرب دافعاً أمامه لقمة الطعام . وتدعى هذه التقلصات الحركات الحوالية (شكل ٣) وهكذا تساق اللقمة الطعامية حتى تسقط في المعدة ، وليس للثقل أي تأثير في تقدمها ، إذ يستطيع بعض الناس أن يأكل ورأسه مدلى الى الاسفل كما ان بعض أكلة الحشائش من الحيوانات ترعى العشب ورأسها منخفض عن جسمها . والبلع عمل انعكاسي ينشأ عن لمس الاطعمة بمخاطية الفم والبلعوم . فلا يحدث البلع متى كان الفم فارغاً بل يشترط فيه امتلاء الفم ولو بقليل من اللعاب . اما مركز البلع فهو في البصلة السيسائية . واذا ضلت اللقمة طريقها حدثت حركات شديدة انعكاسية تطرد اللقمة وترجعها الى طريقها .

الهضم المعدي

ترد الاغذية الى المعدة لقمة لقمة ، ثم تأخذ عضلات المعدة بالتقلص فتمزج الاطعمة (الهضم الآلي) بالعصارة المعدية ، التي تؤثر فيها تأثيراً كيمياوياً .

الهضم الآلي : تتقلص عضلات المعدة المختلفة في وقت واحد بتأثير حموضة الوسط فتعجن الطعام بالعصارة عجناً وتمزجه بها مزجاً تاماً . وحركات المعدة انعكاسية ، وهي مرتبة بشكل تسوق فيه الاطعمة دائماً باتجاه متماثل . فتسير الاطعمة من البواب الى الفؤاد مارة في محور المعدة لتعود من جديد من الفؤاد الى البواب بتماس الغشاء المخاطي . وتظهر هذه الحركات واضحة تحت دريئة الاشعة السينية ، اذا مزج الطعام بمادة شافة ، كملاح البزموث ، أو كبريتات الباريوم الهلامية . وتنشأ حركات المعدة هذه من حموضة الوسط كما تؤثر فيها الجملة العصبية فالاعصاب الودية تخفف من حركاتها والرئوي المعدي يزيد في حركاتها .

الهضم الكيمياوي : العصارة المعدية : كان يعتقد حتى العام ١٧٥٠ أن المعدة تطحن الاغذية طحناً . ويعود الفضل في دحض هذه النظرية الى العالم ريومور ، الذي اطعم طيوراً كاسرة كرات معدنية مجوفة مملوءة باللحم ومثقوبة ثقوباً دقيقة ، فقاءتها الطيور بعد ساعات فارغة من اللحم بدون ان تنفتح أو يتبدل شكلها . فاستنتج منذ ذلك الحين ان هضم اللحوم يتم بفضل سائل خاص تفرزه المعدة يدعى عصارة المعدة . وقد كرر هذه التجارب سبالانزاني ، فأطعم الطيور اسفنجاً مربوطاً بخيوط ثم سحبه وعصره فحصل على سائل ، ووضع هذا السائل مع لحم في وعاء فذاب اللحم .

افراز العصارة : ان افراز العصارة متقطع فلا نجد عصارة في المعدة صباحاً ، عند النهوض من النوم (المعدة على الريق) انما يحدث الافراز فيها عند ادخال الطعام .

(شكل ٤) سير الاغذية في المعدة
١ — المري ٢ — الفؤاد
٣ — البواب ٤ — المفج

تركيب العصارة : عصارة المعدة سائل خائط لا لون له طعمه حامض . ويتركب من ماء (٩٩٠ بالالف) ومن ملاح معدنية (كلورور وفوصفات) ومن حامض كلور الماء (٢ بالالف) ومن مخاط وثلاث خمائر : هضمين ، وأنفحة ، وليباز .

حامض كلور الماء : يوجد في العصارة حراً أو متحداً وينشأ من تحلل كلور الصوديوم فاذا حذف الملح من الطعام اليومي نقصت كمية الحامض وقد تزول . وللحامض كلور الماء في العصارة قيمة كبرى فهو ضروري : ١ً — لتكوين الهضمين ٢ً — لفتح البواب واغلاقه ٣ً — لحض المشكلة على الافراز ، ٤ً — لقتل الجراثيم الواردة مع الطعام . وقد شوهد أن الطعام المخضب بالعصارة المعدية لا يتفسخ ، وان الافراط في شرب المياه القلوية اثناء الطعام يزعج الهضم المعدي ويعيقه .

الهضمين : هي خميرة تبدأ هضم المواد الآحية . ويثبت تأثيرها اليوم بوضوح بالهضم الاصطناعي ، الذي يبين أيضاً درجة تأثير العصارة وعيارها .

أما محصول الهضم فهو سائل لا يتخثر بالحرارة فيه مواد جديدة يمكن ترسيبها تسمى

الآحوزات والهضمونات ، وقد بين التحليل الكيمياوي أن هذه الاجسام تنتسب الى فصيلة كثيرة الهضميدات . والهضمونات أبسط تركيباً من الآحوزات وهي تنحل في الماء ، وتمر بالحلول عبر الأغشية ، ولاتتخثربالحرارة والحموض بيد أنها تعطي تفاعلاً موجباً مع كاشف البولة المضاعفة . وتبلغ نسبة الآحوزات في محصول الهضم $\frac{٩}{١٠}$ ونسبة الهضمونات $\frac{١}{١٠}$.

وهكذا تتفكك ذرة الاجسام الآحية الكبيرة الى أقسام أصغر منها . بيد ان الاجسام المتكونة منها لا تمتص أيضاً ، وإذا حقنت في الدم طرحتها من الكليتان ، فهي إذن أجسام انتقالية ناجمة عن تحول ابتدائي يتم فيما بعد .

وتحدث في المعدة حادثات مشابهة لما تقدم ، فتتميع نسج اللحم الضامة بسرعة كما تذوب الالياف العضلية تدريجياً مع ليفين الدم وآحه .

الهضمين وطبيعته : لا تفعل عصارة المعدة في المواد الآحية الا إذا كانت حامضة . فاذا عدلت حموضتها فقدت تأثيرها ، لتستعيده متى حمضت من جديد . نستنتج من ذلك ان الهضمين لا تعمل الافيوسط حامض . فالخميرة التيتفرزها غددالمعدة ليست فعالة ، ونسميها طليعة الهضمين ، وهي تنقلب الى هضمين فعالة بتماس حامض كلور الماء الموجود في المعدة .

اجراء تجربة : هضمآحالبيض بتأثيرالهضمين (Pepsine) الذي يباعفيالصيدليات.

الانفحة : تخثر عصارة المعدة اللبن بفضل أنفحتها . والانفحة غزيرة في معد الثدييات الصغيرة ونستخرجهابخدعمعدة عجلصغيرأوخروفرضيع وتطينها(نقعها) فيماء مالح فتنحل فيه الانفحة ، فاذا أضفنا قطراتمنهذا المحلول الى لبنفاتر، انفصل الى علقة جامدةرجراجة تدعى الجبن والى سائل ابني مصفر يدعى مصل اللبن وتكونت فيه آحوزات وهضمونات ، وان وجود ملاح الكلس ضروري لحدوث العلقة . فاذا رسبنا هذهالملاح من اللبن بحماضات البوتاسيوم . ثم أضفنا اليه أنفحة بقيسائلاً ولم تتكون فيه علقة . وتبينالتجارب أنالانفحة تحول جبنين اللبن الى آحوزات وهضمونات منجهة والى مادة تبقى منحلة تدعىمولدالجبن.

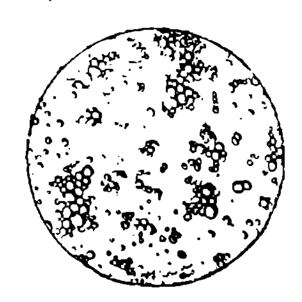
ويتحول مولد الجبن الى جبن بفضل ملاح الكلس ، ويجمل هذا التفاعل ما يلي :

(١) جبنين + أنفحة = آحوزات وهضمونات + مولد جبن .

(٢) مولد جبن + ملاح كلس = علقة (جبن) .

يتبين هكذا ان هضم اللبن يبدأ في المعدة بتأثير الانفحة فينفصل الى قسمين : علقة تبقى مدة في المعدن لتؤثر فيها الهضمين ، وسائل (مصل) يفرغ الى الامعاء سريعاً فلا يزعج المعدة بحجمه . (يمكن اجراء التجربة الخبرية امام الطلاب) .

البياز المعدية : ذكر بعض العلماء وجود اللبياز في عصارة المعدة التي تهضم الدسم المستحلبة ، اي الدسم التي انقسمت الى قطيرات دسمة مجهرية معلقة في سائل ، كزبدة اللبن ودهن المح « مح البيض » والخ ..



شكل (٦)
نقطة من اللبن (حليب)
تحت المجهر

نتائج الهضم المعدي ، الكيموس : يطلق على الاطعمة المجتمعة في المعدة اسم الكيموس . وهو يشمل على :

١ ـ نشويات مخضبة باللعاب الذي يكمل فعله فيها

٢ ـ دسم لا يؤثر فيها مؤثر في المعدة إلا اذا كانت مستحلبة .

٣ ـ آحوزات وهضمونات نشأت من هضم المواد الآحية .

٤ ـ سكريات لا تفعل فيها عصارة المعدة (نشاء + سكر + سكر اللبن) .

٥ ـ ماء وملاح معدنية .

ويكون الكيموس في البدء عجيناً ثم يتميع تدريجياً مدفوعاً الى العفج بتقلصات المعدة . ومتى انصب الكيموس في العفج ، ينغلق البواب . ويبقى مغلقاً حتى ينفتح من جديد بنفس الآلية ، وهكذا يخرج الكيموس من المعدة دفعات متوالية كما دخل اليها . ويمكث الطعام في المعدة مدة تراوح ٢ — ٤ ساعات ، ولا يمكث اللبن فيها سوى ساعة واحدة . وقد تنفرغ المعدة من الفم بدلاً من البواب ويسمى انفراغها هذا قيئاً . وهو فعل انعكاسي يتقدمه حس مزعج يدعى الغثيان . وينشأ من تقلص الحجاب الحاجز وعضلات البطن تقلصاً مفاجئاً ، ومركزه في البصلة .

قيمة الهضم المعدي : استؤصلت المعدة في كلاب وقطط ، وأطعمت هـذه الحيوانات بعد ذلك أغذية مخدوعة خدعاً دقيقاً ، بكميات قليلة ، فلم يضطرب الهضم فيها . فاستنتج من ذلك أن الهضم المعدي غير ضروري ، ويقوم مقامه الهضم المعوي . وقد رأينا أن محصول الهضم المعدي غير قابل للامتصاص ، وأنه يحتوي على مواد انتقالية ما زالت بحاجة الى هضم وتحويل . ويستأصل اليوم القسم الاكبر من معـدة الانسان فلا يحدث ذلك في هضمه اضطراباً يذكر .

الهضم المعوي

تتقدم الاغـذية في المعي الدقيق بفضل الحركات الحولية ، وتفعل في طريقهـا ثلاثة أنواع من العصارات : العصارة المشكلية والصفراء (عصارة الكبد) والعصارة المعوية .

اولا ـ العصارة المشكلية : يتم افراز العصارة المشكلية ، بتأثير التنبيه الذي يحدثه الكيموس الحامض في مخاطية العفج ، اذ تفرز هذه المخاطية متى لامستها عصـارة المعـدة الحامضة مادة تدعى الافرازين . تمتصها الاوعية الدموية فتصل بطريق الدم الى المشكلة وتحض خلاياها على الافراز ، وهـكذا تسيل من قناة المشكلة عصارة غزيرة ، ونطلق على المواد الحاضة على الافراز ، كالافرازين اسم الرسل أو الحاثات (الهرمونات) .

تركيبها : هي سائل لزج تفاعله قلوي ، يتفسخ بسرعة وتخثره الحرارة ، ويحتوي على ماء (٩٠٠ بالالف) وملاح معدنية (كلورور وفوصفات وفحمات قلوية) وأربع خمائر : خميرة النشا (اميلاز) وخميرة الشمير (مالتاز) وخميرة الدسم (الليباز) والهضمين الثلاثية (تريبسين) .

تأثيرها في الاغذية : العصاره المشكلية ، أكبر العصارات الهاضمة شأناً ، وقد درس تأثيرها في الاغذية درساً تجريبياً (الهضم الاصطناعي) وتثبت فيما يلي تأثير كل خميرة من خمائرها على حدة :

أ ـــ تأثير خميرة النشا : تهضم هذه الخميرة المواد النشوية ، فتحولها أولاً الى يمينيات ثم الى سكر شمير . ويشبه تأثيرها هـذا تأثير خميرة اللعاب ، بيد أن خميرة النشا أقوى بكثير من خميرة اللعاب إذ يتناول تأثيرها النشا النيء ، الذي لا تؤثر فيه خميرة اللعاب .

ب - تأثير خميرة الشعير : تهضم هذه الخميرة سكر الشعير الحاصل من تأثير الخميرة السابقة فتحوله الى سكر عنب .

ج - تأثير الليباز : تهضم الليباز المواد الدسمة فتحولها في البدء الى مستحلبات ، فاذا أضفنا قطرة من عصارة المشكلة الى قليل من الزيت ، حصلنا على سائل أبيض لبني يسمى مستحلب الزيت ، وينشأ من انقسام ذرة الزيت عدد لا يحصى من الاقسام الدقيقة المجهرية التي تعطي للسائل لونه الابيض ، ويعتبر اللبن (الحليب) مستحلباً زبدياً ، وتؤثر الليباز في هذه المستحلبات الدسمة فتحللها الى حلوين والى حموض دسمة مثلا :

زيت + ماء + ليباز = حلوين + حموض دسمة

وتؤثر فحمات الصوديوم الموجودة في العصارة المشكلية ، في قسم من هذه الحموض الدسمة فتحوله الى صابون مثلا :

حامض زيت + فحمات الصوديوم = صابون (زيتات الصوديوم) + ماء

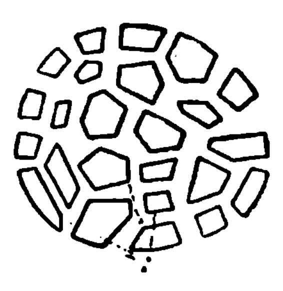
فنلاحظ هكذا ان الدسم تستحلب وتتصبن فتتحول الى حلوين وحموض دسمة وصابون. وسنرى فيما بعد الصفراء تسهل عمل الليباز المشكلية .

تأثير الهضمين الثلاثية (التريبسين) : تؤثر هذه الخميرة في المواد الآزوتية ، فتشبه بذلك هضمين المعدة بيد أنها أقوى منها بكثير ، وهي تحلل البروتيدات الى آحوزات وهضمونات ثم تحولها الى حموض آمينية ، كما انها تحلل أيضاً البروتيدات النووية الى حموض آمينية والى حامض نووي .

وهكذا تنهدم ذرة المواد الآحية الكبيرة هدماً تاماً تقريباً ، ونقول تقريباً لأن بعض الحموض الآمينية تقاوم تأثير هذه الخميرة ، وتسمى مضادات الهضمين .

ولابد لنا هنا من ذكر شرطين أساسيين لا تؤثر الهضمين الثلاثية بدونهما :

١ - وجود خميرة الامعاء وهي احدى خمائر العصارة المعوية : فاذا جمعنا عصارة مشكلية من قناة المشكلة المبرزة مباشرة ووضعناها فوق مادة آزوتية



شكل (٧)
عمل الهضمين الثلاثية في المواد الآحية
١ - حوامض آمينية (هضميدات)

لم نلاحظ لها أي تأثير ، فاذا اضفنا الى المزيج قليلا من عصارة الامعاء انهضمت المادة الآزوتية وتحللت .

يستنتج من ذلك أن في العصارة المشكلية مادة تولد الهضمين الثلاثية اذ أثرت فيها عصارة الامعاء ونسمي هذه المادة مولد الهضمين الثلاثية ، وان عصارة الامعاء مادة تحول مولد الهضمين الثلاثية الى هضمين ثلاثية ، ونسمي هذه المادة خميرة الامعاء (انتروكيناز) ولنذكر ان مولد الهضمين الثلاثية غير فعال .

٢ — وجود الوسط القلوي أو المعتدل : فالكيموس الآتي من المعدة حامض وتعدل حموضته قلوية الصفراء ، وعندها فقط تؤثر فيه الهضمين الثلاثية .

شأن الهضم المشكلي : ان دور المشكلة في الهضم كبير جداً اذ رأينا أن عصارتها تؤثر في انواع الاغذية كلها ، فاذا ربطنا القناتين المشكليتين في حيوان ومنعنا العصارة هكذا من الوصول الى المعي فان نصف الاطعمة أو أكثر يخرج كما هو بدون هضم ويهزل الحيوان سريعاً ، واذا استؤصلت المشكلة استئصالا تاماً زادت الاعراض السابقة ورافقها داء سكري (ديابيت) قتال :

ثانياً – عصارة الكبد (الصفراء) : هي سائل لزج خائط تفرزه الكبد ، لونه أصفر في الانسان ، تفاعله قلوي وطعمه كثير المرار . وتنصب الصفراء في المفج متى لامس الكيموس أو المواد الدسمة مخاطية الامعاء . وتعتبر الصفراء مجموعة من الفضلات يطرحها البدن بواسطة الكبد ، ونكتفي الآن بذكر تأثيراتها في الهضم ، اذ أنها على الرغم من تجردها من الخمائر تلعب دوراً كبيراً فهي :

١ — تعدل بقلويتها حموضة الكيموس فتمهد السبيل لعمل الهضمين الثلاثية :

٢ — تسهل عمل عصارة المشكلة في الدسم ؛ إذ بوجودها تنشط الليباز نشاطاً زائداً .

٣ — تلزم لامتصاص الدسم ، فاذا حرمنا كلباً من صفرائه بفتح ناسور في مرارته فان الدسم التي يأكلها تنطرح في برازه بدون هضم ، واذا أضفنا الى طعامه صفراء مع الدسم ، عاد هضمه لها طبيعياً . وهكذا يتضح أن عصارة المشكلة ، وعصارة الكبد تلزمان معاً لامتصاص المواد الدسمة ، وقد بين ذلك بوضوح كلود برنارد بتجربة في الارنب ، حيث

جعل القناة المشكلية تصب لوحدها في الامعاء ، بعيداً عن مصب القناة الجامعة بما يقرب من ثلاثين سنتمتراً ، فوجد أن الدسم لا تمتص الا في المنطقة التي تلي مصب القناتين ، كما وجد العالم داستر ، الذي نقل مصب القناة الجامعة في كلب الى الاسفل من مصب قناة المشكلة فيه ، أن امتصاص الدسم لا يبدأ الا بعد مصب القناتين أيضاً .

٤ ــ تنبه حركة الامعــاء الحواية وتفضي الى تقلص الزغابات المعوية تقلصاً يساعد على توسيف بشرة الامعاء البالية .

٥ ــ تلعب دوراً مضاداً للفساد فتمنع التفسخ وتتلف الكثير من الجراثيم .

ثالثاً ــ عصارة الامعاء : تفرزها غــدد الامعاء التي لا تأخذ بالافراز الا متى لامس الكيموس الحامض مخاطية العفج :

تركيبها : عصــارة الامعــاء سائل خائط . تفــاعله قلوي شديد ، يحتوي على ماء (٩٧٥ بالالف) واملاح معدنية (كلورور وفحمات صوديوم) وخمائر كثيرة : منها خميرة الشعير (المالتاز) والسكراز أو القالبين وخميرة اللبن (لاكتاز) ومنها اللبياز والهدمين (اريبسين) وخميرة الامعاء (انتروكيناز) .

تأثيرها في الاغذية : تحول خميرة الشعير سكر الشعير الى سكر عنب ، فتشابه بتأثيرها هذا خميرة الشعير المعثكلية . وتحول خميرة اللبن سكر اللبن الى سكر عنب أيضاً والى غالاكتوز (وهو سكر مماثل لسكر العنب) ، وتحول القالبين سكر المصــان الى سكر عنب . وهكذا تتحول كافة السكريات بتأثيرعصارة الامعاء الى سكرعنب أو الى سكريات من فصيلته ، قابلة كلها للامتصاص . أما اللبياز فتصبن الدسم المستحلبة (كالقشدة ودسم المح) . وأما الهــدمين فتكمل هضم المواد الآزوتية فتحول ما هرب منهــا من تأثير المهضمين الثلاثية الى حموض آمينية . واخيراً تحول خميرة الامعــاء مولد المهضمين الثلاثية الى هضمين ثلاثية فعالة .

نتيجة الهضم ـ الكيلوس : تتحول الاغذية الواردة الى الأمعاء ؛ بتأثير العصارات السابقة الذكر ، الى أغذية قابلة للامتصاص ، ونجمل هذه التحولات في القداد التالي :

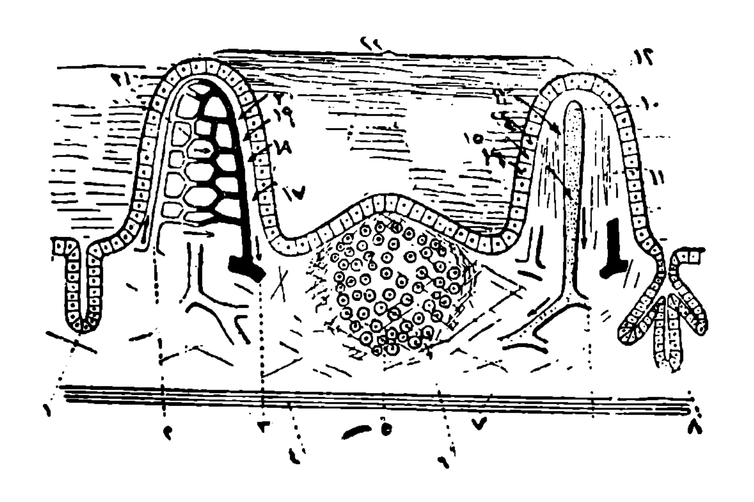
نوع الغذاء قبل الهضم	نوعه بعد الهضم
ماء	ماء
ملاح معدنية	ملاح معدنية
سكريات	سكر عنب (وفصيلته)
فيتامينات	فيتامينات
نشويات	عمبنيات وسكر عنب
دسم	مستحلبات وحلوين وحموض دسمة وصابون
أغذية آزوتية	حموض آمينية

وتختلط هذه المواد المهضومة بالصفراء وبالعصارات الهاضمة الفائضة . وبالمخاط و تقلسات البشرة البالية ، وبالفضلات غير المهضومة (كالسللوز) وبالجراثيم ، فيتكون من هـذا المزيج سائل أبيض لبني (لوجود المستحلبات) يدعى الكيلوس ، ولسوقه حركات الامعاء الحولية التي تستيقظ بالانعكاس ، نحو الدقاق ، ويغلظ قوامه تدريجياً ويقل مقداره ، لان الزغابات تمتص منه الاقسام السائلة والمغذية . وتقدر المـدة التي تلبثها الاغذية في الامعـاء بـ ٤ - ساعات تقريباً . ومتى وصلت هـــذه المواد الى نهاية الدقاق ، تكون قـد غلظت وفقدت أكثر موادها المغذية ، فيطلق عليها اسم البراز أو الغائط ، وتعبر هـذه الفضلات المصراع الدقاقي الاعـوري الى المعي الغليظ ، حيث تمكث ما يقارب أربع وعشرين ساعـة قبل أن تنطرح نهائياً من الشرج ، ويسمى انطراحها هـذا « التغوط » وتنظمه تقلصات مصرة الشرج .

امتصاص الأغذيـة

تمتص عناصر الكيلوس المغذية في المعي الدقيق ، وتمر منه الى جهاز الدوران ، ويسمى امتصاصها هذا ، الامتصاص المضمي أو المعوي .

بنية الجهاز الماص : رأينا أن بطانة الامعاء فيها أوبار صغيرة تدعى الزغابات ،

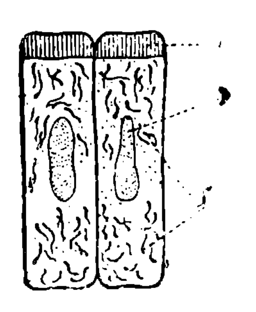


شكل (١٠) زغابتان معويتان ، امتصاص الكيلوس

١ـ غدة معوية ٢ـ شريان ٣ـ وريد ٤ـ عضلات دائرية ٥ـ جراب مسدود ٦ـ كريات بيض ٧ـ نسيج ضام ٨ـ غدة معوية ٩ـ اوعية كيلوسية ١٠ـ الوعاء الكيلوسي المركزي ١١ـ عضلات ملس ١٢ ـ بشرة معوية ١٣ ، ١٤ ، ١٥ ، ١٦ ـ المواد الممتصة بطريق الاوعية الكيلوسية ١٣ـ المستحلبات ١٤ـ الحلوين ١٥ـ الحوامض الدسمة ١٦ـ الصابون ١٧، ١٨، ١٩، ٢٠ـ المواد الممتصة بالطريق الدموية ١٧ ـ المصل والآح ١٨ ـ الحوامض الآمينية (المضميـدات) ١٩ ـ سكاكر العنب والملاح المعدنية ٢٠ ـ الماء ٢١ ـ شعريات دموية ٢٢ ـ الكيلوس .

وهي كثيرة في الصائم قليلة في الدقاق ومعدومة في المعي الغليظ . وتكسو سطح الزغابات بشرة الامعاء ، وهي بشرة خلاياها ذات طبق مخطط ، فيها هيولى حافلة بالمصورات الحية ، وتعتبر هذه الخلايا أعضاء الامتصاص الحقيقية . أما الزغابة نفسها فتتألف من محور ضام شبكي نشاهد فيه عضلات ملس تحرك الزغابة ، كما نشاهـــد فيه أيضاً أوعية شعرية دموية مؤلفة من شعبة شريانية وشعبة وريدية ، وفي مركز المحور وعاء شعري بلغمي

يدعى الوعاء الكيلوسي المركزي .

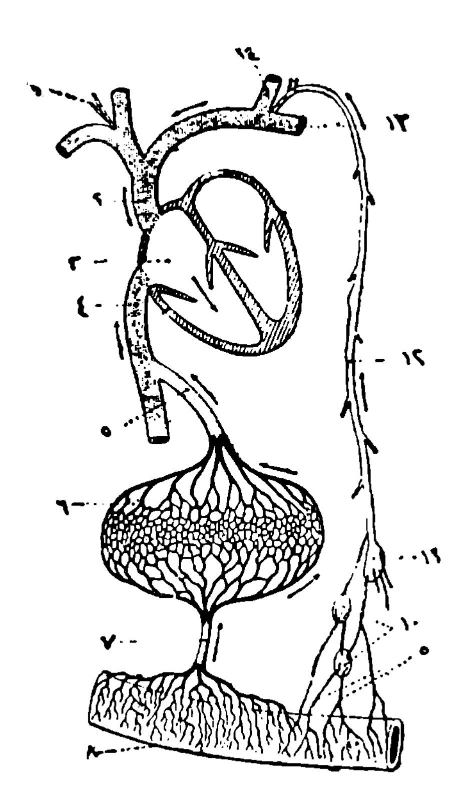


شكل (١١)
خلايا طبقية من بشرة الامعاء
١ ـ طبق مخطط ٢ ـ امعاء

آلية الامتصاص المعوي : تمتص خلايا بشرة الامعاء ، المواد الحاصله نتيجة الهضم وقد ظن مدة طويلة ان الامتصاص يتم بالحلول البسيط فتمر الأغذية عبر غشاء الخلايا المعوية ، كما تمر عبر غشاء ميت كالرق . بيد أنه أثبت مؤخراً أن الامتصاص أعقد بكثير من ذلك ، اذ تقوم به خلية حية ولحياتها شأن كبير في آلية الامتصاص . فهي تصطفي بعض المواد دون الاخرى .

طريقا الامتصاص : تسير المواد الممتصة ، أياً كانت طريق امتصاصها في طريقين : الطريق البلغمية والطريق الدموية .

١ ـ **الطريق البلغمية** : تمر المستحلبات والحموض الدسمة والصابون الى الوعاء الكيلوسي المركزي في الزغابة ، وتنتقل منه الى أوعية المساريقا البلغمية التي تصب في صهريج (باكة) وفي القناة الصدرية ، ثم تساق بهذه القناه الى الوريد تحت الترقوة الايسر ومنه الى أذينة القلب اليمنى ، بواسطة الوريد الاجوف العلوي . وتدفع من القلب الى الدوران ، فاذا ضحينا حيواناً في أثناء الامتصاص وجدنا أوعيته البلغمية ممتلئة بيضاء ، يخرج منها ، اذا وخزت ، سائل أبيض لبني هو مستحلب الدسم ، واذا كان الحيوان صائماً اختفت هذه الاوعية ولم تبد للعين المجردة ، وقد أطلق عليها الاقدمون اسم الاوعية الكيلوسية لاعتقادهم أن الكيلوس بكامله يمر فيها ، وتمتص الدسم بشكل مستحلب دقيق الذرات تساعد على حدوثه أملاح الصفراء . أو بشكل حلوين وصابون وحموض دسمة ، وتبدل مخاطية الامعاء هذه المواد ، فتمزجها وتركب منها دسماً جديدة خاصة بالانسان ، وتشاهد بوضوح في أوعيته الكيلوسية ، فاذا وضعنا في عروة معوية صابوناً وحلويناً وحموضاً دسمة امتصت ، وجدنا بعد مدة في أوعية الكيلوس مادة دسمة جديدة يدخل في تركيبها المواد السابقة الذكر ، نستنتج من ذلك أن خلايا بشرة الزغابات تركب الدسم النوعية الخاصة ، التي تطرح في الدم وتوزع الى جميع خلايا الجسم .



شكل (١٢)
طريقا الامتصاص

١ـ الوريد البلغمي الكبير ٢ـ الوريد الاجوف العلوي ٣ـ الاذينة اليمنى ٤ ـ الوريد الاجوف السفلي ٥ ـ الوريد فوق الكبد ٦ ـ كبد ٧ـ وريد الباب ٨ـ المعي ٩ـ الاوعية الكيلوسية ١٠ـ عقد بلغمية ١١ ـ صهريج باكه ١٢ ـ القناة الصدرية ١٣ ـ الوريد تحت الترقوة الايسر ١٤ ـ الوريد الوداجي الايسر .

٢ ـ **الطريق الدموية** : يحدث الامتصاص أيضاً بالطريق الدموية ، بواسطة شعريات الزغابة الوريدية . فان ربط القناة الصدرية لا يزعج التغذية بيد أن ربط وريد الباب (وهو وريد تشترك في تأليفه الاوردة المعوية ويذهب الى الكبد) يوقفها تقريباً ، ونذكر فيما يلي المواد التي تمرر رأساً الى الدم بهذا الطريق :

١ ـ الماء والملاح المعدنية والفيتامينات فاذا مزجنا طعام حيوان بيود البوتاسيوم ، وجدنا هذه المادة بسرعة في دمه .

٢ـ سكر العنب : تزيد كمية سكر العنب في دم وريد الباب زيادة كبيرة أثناء الامتصاص وتختزن الكبد هذه الزيادة بعد أن تحول سكر العنب الى مولد سكر عنب . وهكذا مها بلغت كمية السكر الواردة بالامتصاص ، تبقى نسبة السكر في الدم ثابتة (١،٥ بالالف) .

٣ ـ الحموض الآمينية : تمتص هذه الحموض كلها من الامعاء ولكننا لا نجد منها في الدم إلا أثراً زهيداً ، ويعلل اختفاؤها بان خلايا مخاطية الامعاء تستهلكها لتضع منها مواد آحية جديدة خاصة بالانسان نجدها في الدم الجائل .

وتمر الاغذية التي امتصتها الشعريات الدموية الى الكبد ، بواسطة وريد الباب ، فتتحول

فيها ثم تخرج منها بالاوردة فوق الكبـــد الى الوريد الاجوف السفلي ، ومنه الى الاذينة اليمنى في القلب ، ثم يوزعها القلب بالدوران الى سائر انحاء البدن . وعلى الرغم من وجود طريقين للامتصاص ، فان المواد المغذية تصل في النهاية الى غاية واحدة هي الدم (الوسط الداخلي) فتمده بالعناصر التي تسد حاجات الخلايا المختلفة في البدن .

يبدأ الامتصاص في المعـدة ولكنه ضعيف يكاد يدرك ، كما أنه يستمر في المعي الغليظ وقد أفادت هذه الخاصة في تغذية المرضى بحقن شرجية مغذية ، على أن تكون المواد المحقونة قابلة للامتصاص مباشرة إذ ليست للمعي الغليظ أية قدرة هاضمة .

والمواد الناتجة عن الامتصاص مواد مغـذية ضرورية تفيد الجلد والعضلات والعظام والدماغ وكل عضو من أعضاء جسمنا .

١ ــ تفيد في ترميم الاجزاء المستهلكة منها ، فالحموض الآمينية ترمم السيتو بلاسما .

٢ ــ تفيد في نموها وتكاثرها (الحموض الآمينية أيضاً) .

٣ ــ تفيد في التنفس (الاحتراقات) : فالسكريات والدسم تنشر القدرة والحرارة الآلية .



الدوران

نحن نعلم أن المتحول (المتمورة) يعيش في الماء فيأخذ من محيطه الغذاء ومولد الحموضة ، ويطرح فيه الفضلات كغاز الكربون والبولة وغيرهما ، فهو يبادل محيطه الغذاء بالفضلات . ونشاهد هذه المبادلة المزدوجة في كل خلية حية . ولما كانت اعضاؤنا مؤلفة من عدد كبير من الخلايا المفصولة عن المحيط الخارجي ، كان لا بد لها من وسيط دوار ينقل الى خلاياها الغذاء ومولد الحموضة من الوسط الخارجي ، كما يوصل على العكس الى هذا الوسط فضلاتها ومفرغاتها . وقد اطلق العالم كلود برنارد على هذا الوسيط الدوار اسم الوسط الداخلي وهو مركب من سائلين . الدم والبلغم .

وهما يوزعان الهرمونات في الجسم كما يدافعان عنه كلما داهمته الهجمات الجرثومية .

— الدم —

خواصه الفيزيائية : الدم سائل أحمر لزج ، طعمه ملح وتفاعله قلوي ، ويقدر وزنه $\frac{١}{١٣}$ من وزن البدن تقريباً فتكون كميته خمس ليترات تقريباً في انسان يزن ٦٥ كغ .

تركيبه : إذا دققنا في نقطة دم عبيط بالمجهر ، رأينا أنها مؤلفة من كريات (٤٥٪) معلقة في سائل يسمى المصورة (٥٥٪) . ولعزل المصورة عن الكريات نعمد الى التجربة التالية :

نأخذ دم حيوان (حصان مثلا) ونضيف اليه قليل من الحماضات (اوكسالات) ونتركه في وعاء عدة ساعات فترى أن الكريات الحمر تهبط الى قعر الاناء وترسب عليها الكريات البيضاء يعلوها سائل أصفر هو المصورة .

فيبدو الدم هكذا كنسيج ضام خلاياه الكريات ومادته الخلالية سائلة تدعى المصورة .

١ — كريات الدم

١ — **الكريات الحمراء** : تبدو الكريات الحمراء بالمجهر ، في دم البشر والثدييات عامة ، بشكل أقراص مدورة مقعرة الوجهين قطرها ٧ صغ ، وثخنها الوسطي صغيران ، أما لونها فصفر اذا كانت منفردة ، واحمر اذا كانت متكتلة .

الكريات الحمراء
١ - انخفاض ٢ - وجه
٣ - جانب

كريات حمر في طير
١ — نواة

(شكل ١٤)

خواصها : الكريات الحمراء مرنة تستطيع أن تجتاز أحياناً أوعية دموية ضيقة من قطرها فتتطاول ويضيق قطرها ، ثم تعود الى شكلها فيما بعد ، وهي أيضاً لزجة . وكثيراً ما تشاهد ملتصقة متراصة كعمد الدنانير . واذا وضعت في محلول ملح كثافته أدنى من (٨ بالالف) فانها تنتفخ في تتفجر ، فيحدث انحلال الدم . واذا وضعت في محلول ملح كثيف (اكثر من ٩ بالالف) ، فانها تنكمش ويصغر حجمها ، وتحتفظ بحجمها اذا كان محلول الملح بنسبة $\frac{٨-٩}{١٠٠٠}$ أي بكثافة تعادل كثافة مصورة الدم ، ويسمى هذا المحلول محلولاً متساوي التوتر .

عددها : يبلغ عدد الكريات الحمراء في الملم^٣ الواحد ٥ ملايين كرية ويختلف هذا العدد باختلاف الارتفاع عن سطح البحر . ففي الاماكن التي يبلغ ارتفاعها الف متر تعد الكريات الحمر ستة ملايين في الملم^٣ ، ويزداد عددها بازدياد الارتفاع . وقد علل بعضهم هذا التزايد بنقص الهواء الجوي ، او نقص مولد الحموضة وتخلخله في الاماكن المرتفعة ، وعلله آخرون بتكاثف الدم . وقد ينقص عدد الكريات فيسمى نقصها فاقة الدم . ويبلغ هذا العدد ٣ ملايين في فاقات الدم الخطرة ويقل اكثر

من ذلك في فاقات الدم الخبيثة وتقدر كتلة الكريات الحمراء بـ ٤٠٪ من كتلة الدم الكاملة .

تركيبها : يحيط بالكرية الحمراء غشاء رقيق مرن ، وهي تتركب من كربوين : وهي مادة آحية عديمة اللون ، تكون صقل (هيكل) الكرية الهيولي ، ونسبتها الى كتلة الكرية $\frac{٢}{١٠}$.

ومن الخضاب (خضاب الدم الاحمر) ونسبته $\frac{٨}{١٠}$.

خضاب الدم : هو مادة بروتيدية ، تخضب صقل الكرية الهيولي بلون أحمر وتحتوي هذه المادة الآزوتية على حديد تبلغ كميته في كتلة الدم كلها (٥ ليترات) ٢–٣ غرامات والحديد ضروري لتكوين الخضاب ، لذا كانت الادوية الحديدية مناسبة في علاج فاقات الدم ويتحلل خضاب الدم متى عولج بالحموض أو الاسس ، الى مادة آحينية لا لون لها تدعى الكروين . ومادة ملونة حمراء تدعى الدمين هياتين .

خواص الخضاب : ١ً — يتحد مع مولد الحموضة بضغط فيكون مادة تدعى حمض خضاب الدم وهي مادة حمراء قرمزية غير ثابتة التركيب . واذا قل مقدار مولد الحموضة حولها تحللت الى مولد حموضة وخضاب (خضاب مرجع) .

٢ً — فاذا طلي جدار حوجلة من الزجاج بالدم « بدا بلون أحمر فاقع جميل لتحمض خضاب الدم فيه بتماس مولد حموضة الهواء . واذا ولدنا في الحوجلة غاز الكربون ، انقلب لون الدم عاتماً وهو لون فحم الخضاب . وكذلك اذا عومل محلول خضاب الدم المحمض (محلول الدم في الماء المقطر) بمادة مرجعة (كبريت الامونيوم مثلاً) رجع الى خضاب دم مرجع . ويكون لون الدم في البدن أحمر عاتماً (الدم الاسود) . متى كان خضابه مرجعاً ، وأحمر قانئاً متى كان خضابه محمضاً (الدم الاحمر) .

٣ — ويتحد خضاب الدم بسهولة باكسيد الفحم (CO)، فيكون خضاب الدم المفحم

ذا اللون الاحمر القانيء ، وهو مركب ثابت لا يتحلل الا بصعوبة فائقة ، لذا كان اكسيد الفحم بالنسبة الى الدم سماً زعافاً يؤدي الى الموت اختناقاً .

وأخيراً يستطيع الخضاب أن يتحد بغاز الكربون (CO_2) فيكون فحم الخضاب وهو جسم غير ثابت قليل الكمية . وقد يتم هذا الاتحاد بين غاز الكربون والكريوين فقط دون الخضاب .

وظيفة الكريات الحمراء : ١ - في الرئتين : يتحد الخضاب بتماس الأسناخ الرئوية بمولد حموضة الهواء ، فينقلب الى خضاب محمض ، وهكذا يرد الدم الى الرئتين عاتمـــاً ويغدو قانئاً .

٢ ــ في الانسجة : يصل الخضاب المحمض بالدوران الى الأنسجة ، فيترك لها قسماً من مولد حموضته . وينقلب دماً عاتماً . ثم يعود مسرعاً الى الرئتين ليتحمض من جديد . فالكريات الحمراء اذن تنقل مولد الحموضة من الاسناخ الرئوية الى النسج ، فهي حمالة تحمل مولد الحموضة .

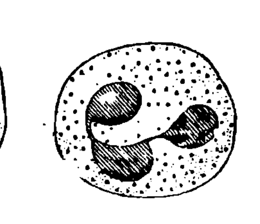
منشؤها : تنشأ الكريات الحمراء في الكهل من خلايا خاصة منواة توسق تدريجياً بالخضاب ثم تفقد نواتها وتأخذ شكلها النهائي ، ويتم ذلك في نقي العظام (الخلايا المولدة لكريات الدم) .

تلف الكريات الحمراء : تعيش الكريات الحمراء نحو مائة يوم ، ويتلف منها في كل دقيقة (٢٠٠٠٠٠) كرية في السنتمتر المكعب الواحد من الدم ، وتقوم بابادتها الكريات البيض في شعريات الطحال و الكبد . وقد أثبت ان ياقوت الصفراء ، أحد الاصبغة الـــتي تفرزها الكبد ، ينشأ من تحلل الكريات التالفة .

الكريات البيضاء : لشاهد في قطرة الدم بالمجهر ، الى جانب الكريات الحمراء ، كريات بيضاء ، وهي خلايا حية لا لون لها ، لامعة كروية أو ذات محيط متبدل غير منتظم ، لها نواة وهي على أنواع :

١ ــ الكريات وحيدة النواة : وهي كريات هيولاها شفافة زجاجية المنظر لا حبيبات فيها ،

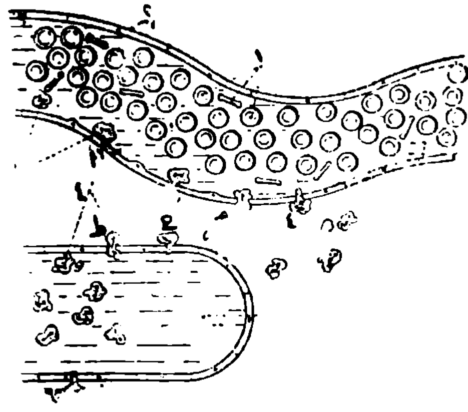
ونواة مدورة كبيرة ، بعضها صغير قطرها ٧ صغ يسمى البلغميات (لنفوسيت) وبعضها كبير قطره ٢٠صغ تقريباً يسمى ذو النواة الكبيرة المفردة .



(شكل ١٧) كريات بيض
من اليسار الى اليمين : بلغمية ، وحيدة نواة كبيرة ، كثيرة نوى

٢ - الكريات كثيرة النوى:(أو الخلايا النقية) وتميز من السابقة بهيولاها الحبيبية ونواتها المفصصة أو المشرشرة ، ويقدر قطرها بعشرة صغيرات .

عددها : يبلغ عدد الكريات البيض في السنتمتر المكعب الواحد سبعة آلاف كرية تقريباً فتكون نسبتها الى الكريات الحمراء كرية بيضاء واحدة لكل ٧٠٠ كرية حمراء ، أما كتلتها فتقدر بـ ٠,٥٪ من مجموع كتلة الدم .



(شكل ١٨)
انسلال الكريات البيض من الشعريات

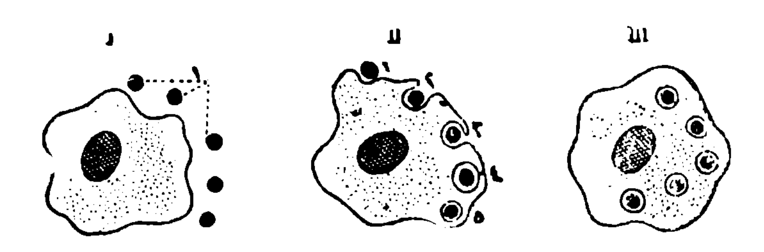
١ — كريات حمراء ٢ - وعاء شعري ٣ — دم ٤،٥ كريات بيض ٦ — وعاء شعري بلغمي ٧ — بلغم أ ، ب ، حـ ، د ، هـ ، ط ، ح ، ر أدوار الانسلال .

خواصها : تشبه الكريات البيض المتحولات شبهاً كبيراً ، فهي (ولا سيا الخلايا النقية منها) تتحرك مثلها حركة متحولية بواسطة أرجل كاذبة ترسلها الهيولى الى اتجاه معين فتثبتها فيه ، ثم تلحق بها بكامل

بدنها . وبفضل هذه الحركات تستطيع الكريات البيض أن تتقدم ، معاكسة لتيار الدم ، زحفاً على سطح الاوعية الدموية الباطن .

وتستطيع الكرية البيضاء اجتياز جدار الاوعية الشعرية منسلة بين خليتين فتبعدهما عن بعضها لتمر ، ثم ترجعان الى ما كانتا عليه . وتسمى هذه الحادثة (الانسلال) وهي خاصة تسمح بهجرة الكريات البيض من الدم الى النسج الضامة وسائر انحاء البدن ، كما تسمح للكريات الماجرة بالعودة الى الدم ، وهكذا فان حياة الكريات البيض ليست مرتبطة حتما بالدم فهي تتركه وتنسل الى النسج ، وقد سميت فيها الخلايا الماجرة . ولا بد من وجود مولد الحموضة لاجراء هذه الحركات .

والكريات البيض حساسة كالمتحولات أيضاً ، فتجذبها بعض المواد كذيفانات (سموم) الجراثيم وتدفعها مواد أخرى كالغول ، وقد سمينا تأثير المواد فيها (بالجذب) فهو موجب أو سالب بحسب نوع المادة . وتتغذى الكريات البيض بالبلعمة كالمتحولات ، والبلعمة هي التهام الخلية اجزاء غريبة عنها فترسل الكرية البيضاء أرجلاً كاذبة تحيط بالمادة أو بالجراثيم ، ثم تقلص الارجل فتدخل المادة الى هيولاها وتحيطها بفجوة هاضمة ثم تهضمها .



(شكل ١٩) البلعمة

١ ــ حبيبات ملونة ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ أدوار البلعمة

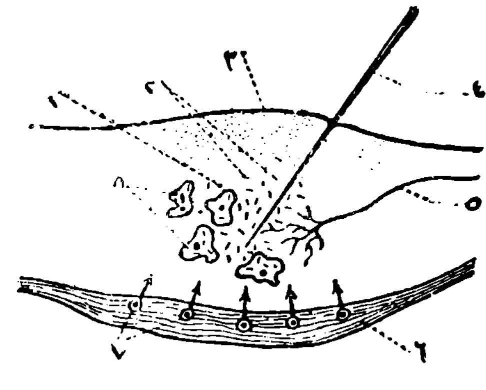
منشؤها : تنشأ الكريات وحدة النواة في العقد البلغمية وفي الاجربة المعوية المسدودة

وفي الطحال ، وتنشأ النقيات في نقي العظام . وقد سميت الاعضاء التي تتكون فيها الكريات البيض الاعضاء نظيرة البلغم .

وظائفها : الكريات البيضاء عناصر نشيطة جداً تقوم بأدوار مختلفة :

١ — فهي الرماسة في البدن تدفن الخلايا الميتة أو المتلفة ثم تخربها وتبتلع اشلاءها. مثلا برلشح الدم ، في الحدبات الدموية الرضية ، في النسج الضامة ، فتتلف كرياته الحمر وتحيط بها الكريات البيض وتأخذ بابتلاعها تدريجياً ، وهكذا تزول الحدبة بعد مدة تقوم الكريات البيضاء أيضاً برفع الانقاض ، كما انها تهضم النسيج الغضروفي في أثناء التعظم ليحل محله النسيج العظمي .

٢ — تدافع الكريات البيضاء عن البدن فتدفع عنه شر الجراثيم وسمومها ، وذلك بفضل البلعمة . فالبلعمة اذاً سلاح البدن الطبيعي في كفاحه ضد الامراض السارية ، وهي تحدث أيضاً بعد وخز إبرة أو شوكة من خشب ، ملوثة بغبار الهواء . فتتسلل الجراثيم مع الابرة الى النسيج تحت الجلد، حيث تجد غذاء جيداً من الدم والبلغم ، فتتكاثر فيه وتفرز حول نفسها مفرزات سامة احياناً ، تخرش اعصاب الناحية ، تخريشاً يفضي بالانعكاس ، الى توسيع قطر الشرايين فيها ، فيتوارد الدم بكثرة الى تلك الناحية فتحمر وتسخن وتصبح مؤلمة ، ويطلق على هذه الحادثة اسم الالتهاب . وتنسل الكريات البيض من الاوعية منجذبة بمفرزات الجراثيم جذباً كيميائياً موجباً حتى تصل اليها فتحيط بها وتبتلعها . وقد يطول النزاع في بعض الحالات ، فتصنع الجراثيم



(شكل ٢٠)
الالتهاب والانسلال والبلعمة
١ — قيح ٢ — جراثيم ٣ — جلد ٤ — ابرة
٥ — عصب ٦ — وعاء دموي متسع
٧ و ٨ — كريات بيضاء

سموماً ضد الكريات البيض وخلايا البدن الاخرى ، فتميت بعضاً منها ، ويتحون من جثثها وجثث الجراثيم ومفرزاتها ، سائل قشدي أبيض مائل الى الصفرة يسمى القيح ، أو الصديد .

وقد تصد الجراثيم هجمات الكريات البيض الاولى هذه وتتكاثر ، ثم تهاجم البدن فتصل الى العقد البلغمية وتتكاثر الكريات البيض في هذه العقد بسرعة فائقة ، فتكبر العقد وتؤلم ، وقد تنتقل المعركة اليها نفسها فيكبر حجمها وتؤلم أكثر فأكثر وقد تتقيح . وقد يجوز الجرثوم هذهالعقدويصل الى الكبد ، فاذا جازه أصبحت المعركة عامة في سائر انحاء البدن ونسجه ، ويحدث تجرثم الدم ، وهو آفة قتالة في كثير من الحالات .

وتفرز الكريات البيض في هذه المعارك ، مواد مضادة لسموم الجراثيم ، نطلق عليها اسم الترياق . وقد استند الى هذه الخاصة في صنع اللقاحات والمصول .

الصفيحات الدموية : تصادف في الدم عدا الكريات البيض والحمر ، عناصر صلبة أخرى تدعى الصفيحات ، وهي أقراص صغيرة محدبة الوجهين ، وتفيد في التخثر اذ تتحرر منها بعد تخربها خميرة الترومبوكيناز ، كما تلتصق بالجراثيم فترصها كتلاً ثم تجرها الى الشبكات الشعرية حيث تبتلع .

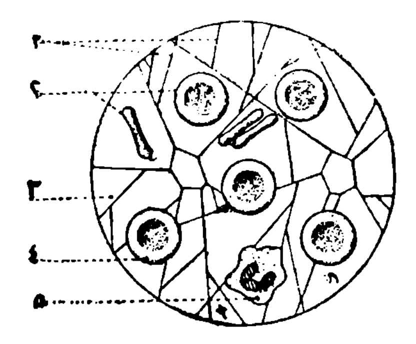


٢ ـ المصورة والمصل

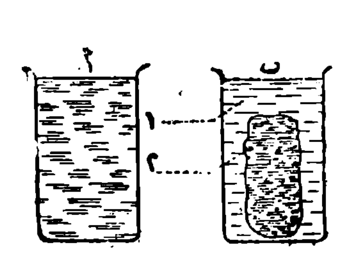
تخثر الدم

لنضع نقطة دم على صفيحة من الزجاج تحت المجهر ، ولننتظر مدة ثم لنفحصها ، فنلاحظ أن أليافاً دقيقة ظهرت بين الكريات ، وقد سميت المادة المكونة لهذه الالياف ، بسبب شكلها (الليفين) ونستنتج من هذه الملاحظة ان في مصورة الدم مادة منحلة اسمها مولد الليفين، تولد الليفين ونسبتها في المصورة ٤ بالالف ، أما السائل الباقي من المصورة بعد تكون الليفين فيسمى المصل ، فالمصورة اذاً مركبة من مولد ليفين ومصل ، والمصل سائل أصفر رائق يؤلف ٥٥٪ من كتلة الدم .

١ ـ **مولد الليفين وتخثر الدم** . يصنع مولد الليفين في الكبد ، وهو مادة آحينية تشبه آح البيض ، توجد منحلة في مصورة الدم وتولد متى توفرت لها بعض الشروط مادة الليفين غير المنحلة فتسبب تخثر الدم . فاذا جمعنا في اناء زجاجي دم حيوان ، شاهدناه بعد دقائق من جمعه ينقلب كتلة جامدة ونسمي انقلابه هذا (التخــثر) ، وتنكمش هذه



(شكل ٢١)
١ ــ ليفين ٢ و ٤ كريات حمر
٣ ــ مصل ٥ ــ كرية بيضاء



(شكل ٢٢) تخثر الدم
أ ــ الدم المتخثر بكامله
ب ــ انفصال العلقة
١ ــ مصل ٢ ــ علقة

الكتلة بعد ساعات ، وتطلق على سطحها سائلا مصفراً هو المصل . أما الكتلة المنكمشة فتدعى العلقة ، وهي حمراء مؤلفة من شبكة الليفين التي جمعت في عيونها « بين أليافها » كريات الدم الحمراء والبيضاء . والليفين مادة آزوتية بيضاء ليفية ، كميتها في الدم قليلة لا تجوز الغرامين في الليتر .

التخثر : لا يتخثر الدم عادة في باطن الاوعية انما يساعد على تخثره :

أ ـ لمسه جدران الاواني التي يجمع فيها ، فاذا طليت هذه الجدران بالبارافين أبطأ التخثر ابطاءً كبيراً .

ب ـ لمسه شفتي الجرح الذي ينصب منه ، فاذا أدخلنا الى الوريد في عنق طير ، أنبوباً زجاجياً مطلياً بالبارافين ، وجعلنا الدم ينصب منه بدون ان يلامس شفتي الجرح ، فان التخثر يبطيء ايضاً بطأً كبيراً .

ويسرع التخثر الغول وفوق كلور الحديد ، وكلاهما مرقيء يستعمل في علاج النزوف كما يسرعه أيضاً القطن القوأب (الجاذب للماء) . وقد يحدث التخثر في بعض من الحالات في باطن الاوعية ، فتسد العلقة الوعاء حينئذ ، ويفضي ذلك الى موت موضعي في المنطقة التي كان يرويها الوعاء المنسد ، وقد تجري الخثرة في الاوعية فتدعى الصمامة ، وتصل الى القلب ثم تنطلق منه حتى تصل إلى أوعية ضيقة القطر فتسدها ، وإذا كان الوعاء المسدود من الاوعية التي تروي المناطق الدماغية الهامة ، أو تروي القلب ، حدث الموت المفاجيء أو الفالج والخ... ويمنع التخثر باضافة بعض المواد إلى الدم ، ككلور الصوديوم وكبريتات الصوديوم وليمونات الصوديوم والسكر وخلاصة رؤوس العلق والخ ...

وظيفة التخثر : ان تخثر الدم عمل دفاعي ضد النزوف ، فتسد العلقة أو الخثرة فوهة الجرح بسرعة ، وترقأ النزف ، ولا يحدث التخثر في مرض الناعور (هيموفيليا) ، ولذا كانت الجروح فيه شديدة الخطر إذ يموت المريض من النزف الذي لا يرقئه علاج .

ثانياً ـ المصل : للحصول على المصل يترك الدم ليتخثر فتنفصل العلقة وترسب ويطفو المصل فنستنشقه بماصة .

خواص المصل وتركيبه : المصل سائل مصفر كهربائي ، قلوي التفاعل ، تركيبه: يشتمل الليتر الواحد منه على ٩٠٠ غ ماء ، ومن ١٠٠ غ مواد صلبة نذكر منها :

١ ــ المواد الآحينية : (٨٠ غراماً) ، وهي مؤلفة من مصلين ومن كريوين .
٢ ــ الملاح المعدنية : منها كلور الصوديوم (٥ غ) وملاح مختلفة أخرى (كلورور وفصفات وفحمات قلوية) . وتنشأ قلوية الدم من وجود فحمات الصويوم وفصفاته فيه

أما كثافة المصل الملحية ، فتعادل تقريباً كثافة محلول ملح الطعام في الماء بنسبة $\frac{٨ - ٩}{١٠٠٠}$

لذا يسمى محلول ملح الطعام بهذه النسبة ، المصل الفيزيولوجي (الفريزي) وهو يزرق في الدم في النزوف الغزيرة لاصلاح حالة النزيف .

٣ ــ حاصلات الهضم : كسكر العنب ونسبته ثابتة دائماً ، وتقدر بـ ١٫٥ غ في الالف تقريباً .

٤ ــ الفضلات : كالبولة (اوره) وحامض البول والكولسترين .
٥ ــ الخمائر : وهي خميرة نشا وخميرة شمير وخميرة حالة للسكر وخميرة حالة للدسم والخ.
٦ ــ الحاثات: وهي مفرزات الغدد الصم كالكظرين « الادرنالين » والافرازين الخ .
٧ ــ الغازات : كغاز الآزوت ومولد الحموضة ، وغاز الكربون وتقدر كميتها بـ ٦٠٠ سم٣ في الليتر ، والخلاصة يتألف المصل من محلول آحي ملح فيه محصولات الهضم وفضلات البدن .

وظائف المصورة : تلعب المصورة دوراً أساسياً في التغذية ، فهي تتوسط بين الاعضاء التي تغذيها ، فتتلقى محصولات الهضم وتوزعها على الاعضاء بحسب حاجة كل منها ، وتجمع الفضلات (كالبولة وحامض البول) وتنقلها إلى أجهزة الاطراح (الكليتان وغدد العرق والخ ..) التي تطرحها خارج البدن ، كما أنها تنظم أفعال التغذية وتسهر على تنسيقها وتنشيطها بما فيها من حاثات ، وهكذا تجد الاعضاء في هذا الوسط الداخلي كل ماتحتاج اليه من مواد ، كما تتخلص بواسطته من فضلاتها . أما بنية هذا الوسط العامة فثابتة ثباتاً غريباً:

أ ــ على كتلته فيعوض بسرعة ما يفقده بالنزف ، أو بالعرق الغزير .

ب ــ على كثافة الملحية ، فيطرح بالكليتين ما زاد من الملح الوارد اليه . أو يستبقي ماء ليمدده . ولا تبدل الحمية عن الملح من كثافته شيئاً ، فيبقى دائماً متساوي التوتر ليضمن حياة الكريات فيه .

ج ــ على نوعيته ، فلا يسمح بأي تبـدل في مواده الآحية .

نقل الدم : ينقل الدم من انسان الى آخر بعد النزوف الغزيرة (١ ــ ٢ ليتر) وفي فاقات الدم الخبيثة ، وفي الامراض الانتانية لتقوية البدن . وبعد فصادة غزيرة كما في عقب الانسمام بحمض الفحم أو الفطور السامة ، ويشترط في نقل الدم ان لا ترتص كريات المعطي بمصل دم الآخذ . فهي عملية ذات شأن يستدعي شخص مختص للقيام بها .

وقد حسنت طرق نقل الدم اليوم تحسيناً كبيراً فاصبح كشف نوع الزمر سهلاً ونقل الدم بسيطاً ، وقد حقق حفظ دماء الجثث ونقلهـا ، كما استطيع تجفيف الدم هبـاء لحله واستعماله حين الحاجة ، وقد افادت هذه الطرق في الحروب في تخليص حياة العدد الكبير من الجرحى .

غازات الدم : يشتمل الدم على مولد الحموضة وغاز الكربون (CO_2) وعلى قليل من الآزوت .

أما مولد الحموضة فيكون في الدم على حالتين منحلاً ، وهو قليل جداً (٠,٢٩ سم٣ في ١٠٠ سم٣ من الدم) أو متحداً مع خضاب الدم (٢٠ سم٣ تقريباً في كل ١٠٠ سم٣) فيكون حمض خضاب الدم وهو مركب غير ثابت . وتقدر كمية مولد الحموضة التي تتحد بغرام واحد من الخضاب بـ ١,٣٤ سم٣ .

وأما غاز الكربون فيكون في الدم ايضاً على حالتين ، متحداً وحراً : أما المتحد فيكون اتحاده بالمواد القلوية (٥٠٪ منه) وبالخاصة بفحمات الصوديوم وفصفاتها فيكون ثاني فحمات الصوديوم وفصفو فحماتها ، أو يتحد بهيولينيات الدم وبالخاصة بالخضاب (٤٥٪) فيكون

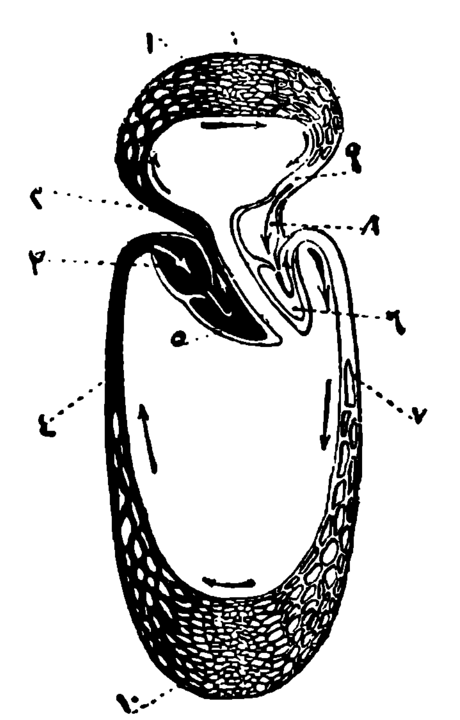
فحم الخضاب وهو مركب غير ثابت ، أما غاز الكربون الحر فنسبته قليلة (٥ ٪) .

وهكذا فان حمض خضاب الدم وفحم خضاب الدم وثاني فحمات الصوديوم ، وفصفو فحمات الصوديوم مركبات غير ثابتة ، تتحلل بسهولة وتلعب دوراً كبيراً في المبادلات الغازية في الرئة والنسج .

الدارة الدموية

الدوران دورتان : دورة كبرى ودورة صغرى (دوران الدم القاني ، ودوران الدم العاتم « الاسود ») . وهو تام لان كل نقطة من نقاط الدم ترسم دورة كاملة تامة فتخرج من البطين الايسر بالوتين وتعود اليه بعد أن تدور الدورتين .

الدورة الصغرى : ويسميها بعضهم دورة الدم العاتم . يخرج الدم فيها من الاذينة اليمنى الى البطين الايمن ثم يندفع الى الشريان الرئوي فالرئتين . ويفقد في الشعريات الرئوية قسماً من غاز الكربون ويكسب قسماً من مولد الحموضة فيتحول الى دم قاني ويعود الى الاذينة



١ ـ شعريات عامة ٢ ـ شريان رئوي ٣ ـ أذينة يمنى ٤ ـ وريد أجوف ٥ ـ بطين أيمن ٦ ـ بطين أيسر ٧ ـ وتين ٨ ـ أذينة يسرى ٩ ـ وريد رئوي ١٠ ـ شعريات عامة (في الاعضاء) .

شكل (٢٣) ترسيم الدوران في الانسان

اليسرى ، وقد كشف هذه الدورة ميشال سيرفة في العام ١٥٥٣ .

الدورة الكبرى : يندفع الدم القاني، فيها من البطين الايسر الى الوتين ويصل بالشرايين الى الاعضاء حيث ينتشر بواسطة الشعريات العامة وهنا يفقد قسماً من مولد حموضته ومواده المغذية ويحفل بالفضلات كغاز الكربون والبولة فيتحول الى دم عاتم ثم يعود بطريق الوريدات فالاوردة فالاجوفين الى الاذينة اليمنى ، وقد كشف هذه الدورة هارفي في العام ١٦٢٨ ، وبين مالبيكي في العام ١٦٦١ بواسطة المجهر مرور الدم من الشرايين الى الاوردة بواسطة الشعريات .

نستنتج من ذلك أن الشرايين تحوي في الدورة الصغرى دماً عاتماً وان الاوردة تحوي فيها دماً قانئاً ، وتكون الحال على عكس ما ذكر ، في الدورة الكبرى حيث تحوي الشرايين دماً قانئاً ، وتحوي الاوردة دماً عاتماً .



النبات

الغرائز النباتية

نظرة عامة على حادثات التغذي :

يتأثر النبات كالحيوان بالوسط الخارجي . فهو يقترض منه دوماً مواد خاصة كأغذية له ، فيحولها بعمليات عديدة معقدة الى مركبات مختلفة : يستعمل قسماً منها في تشكيل وازدهار خلايا أخرى جديدة ، كما يستخدم قسماً آخر في عمليات اصطناع عدد كبير من المنتوجات كالنشاء والسكريات والحموض المختلفة ... الخ .

ولهذه المواد مصدران اساسيان : الاول مركب يستمد من الأرض بواسطة الجذور ، ويتألف من المواد المعدنية المنحلة كالفوسفات والآزوت والكبريتات ... الخ . أما الثاني فهو بسيط غازي كمولد الحموضة وبلا ماء الفحم ، يستمده النبات من الهواء الخارجي .

التغذي بالمواد المعدنية

تتناول النباتات الأغذية اللازمة لحفظ حياتها ونموها من الوسط الخارجي المحيط بها ، شأنها في ذلك شأن الحيوانات التي تتغذى بالمواد المعدنية والعضوية في حين ان النباتات الخضراء لاتتغذى الا بالمواد المعدنيه فقط .

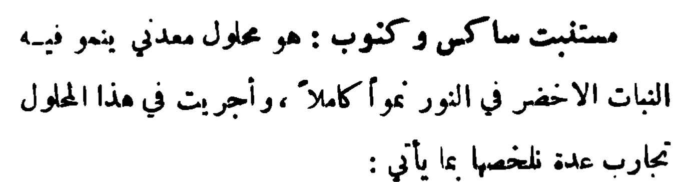
تعيين الاغذية المعدنية اللازمة للنبات : وتستعمل لذلك طريقتان : ١ — طريقة التحليل ، ٢ — طريقة التركيب .

١ — طريقة التحليل : وتقوم هذه الطريقة الكيميائية البحتة على تحليل النبات لمعرفة العناصر الأساسية التي يتركب منها . ويكون ذلك بتكلسية ، أي حرقه في مكان محصور ، وفحص الغازات المنتشرة منه وتحليلها ، ثم تحليل رماده الباقي من هذا التكلس. ومن الملاحظ أنه من اللازم أن يتوفر في غذاء النبات اكثر العناصر البسيطة الأساسية التي يتألف منها ، وهذه العناصر تتمثل باثني عشر عنصراً : الفحم ، مولد الماء ، مولد

الحموضة ، الآزوت ، الكبريت، الفوسفور ، الكلور ، السيليسيوم ، البوتاسيوم، الكالسيوم المانغزيوم ، الحديد . أما الصوديوم واليود والبروم والمانغانيز والنحاس والتوتياء فيعتبر وجودهما ثانوياً .

الا أنه لا بد من مراقبة نتائج طريقة التحليل ، بطريقة أخرى هي طريقة التركيب ، إذ أن الاولى لا تكفي لتعيين نوع المركبات والاتحادات التي تكون عليها هذه العناصر في النباتات الحية ، كما أنه قد نصادف في النبات بعض العناصر غير الضرورية لنموه .

— **طريقة التركيب** : دشن هذه الطريقة العالم (باستور) ، واستعملها (رولان) وهي طريقة قويمة لا شائبة فيها . وتعتمد هذه الطريقة على أساس تهيئة أوساط مغذية مختلفة يوضع فيها نبات ما ويلاحظ نموه فيها . ثم يؤخذ الوسط الذي نما النبات فيه اكثر من غيره فتحذف منه بعض العناصر ويدرس ما أحدثه هذا الحذف في نمو النبات . وبالتكرار والتجارب توصل العلماء الى تعيين العناصر الاساسية الضرورية وتمييزها من العناصر الثانوية . ونذكر فيما يلي نموذجين من هذه الاوساط الاصطناعية وهما : مستنبت ساكس وكنوب ، ومستنبت رولان :



نبات أخضر ينمو في مستنبت سائل معدني (سائل كنوب)

مستنبت ساكس وكنوب : هو محلول معدني ينمو فيه النبات الاخضر في النور نمواً كاملاً ، وأجريت في هذا المحلول تجارب عدة نلخصها بما يأتي :

تستنبت بذرة بصورة طاهرة (منعاً للجراثيم) الى أن تنتش ، ثم يجعل جذر نبتها الصغير في اناء معقم مملوء بالمحلول المعدني المذكور المعقم ايضاً فينمو النبات ويزهر ثم يثمر وفيما يلي تركيب المحلول :

ماء مقطر	١٠٠٠ غرام	آزوتات الكالسيوم	١ غرام
آزوتات البوتاسيوم	٠٫٢٥ غ	فوصفات البوتاسيوم الحامضة	٠٫٢٥ غ
كبريتات المانغزيوم	٠٫٢٥ غ	فوصفات الحديد	٠٫٢٥ غ

وهـــذا المستنبت سائل معدني لا أثر للفحم فيه وسنرى فيما بعـد كيف يتنـــاول النبـات الاخضر الفحم الـلازم له من غاز فحم الهواء بتأثير النور ، أي حادثة التمثل اليخضوري .

أما النباتات غير الخضراء كالفطور مثلاً فنها لا تكتفي بالسائل المعدني ، انما يجب أن يضاف الفحم الى غذائها بشكل مواد عضوية كالسكاكر ، لأن هذه النباتات عاجزة عن تناول غاز الفحم من الهواء مباشرة . وقد أجرى العالم رولان تجارب على نبات غير أخضر كالعفنات وخاصـــة العفن الأسود الذي يكثر في الليمون فزرع بذيراته في سائل خاص واستحصل منه بعـد عشرة أيام على (٢٥) غ من العفن . وفيما يلي تركيب سائل رولان :

ماء مقطر	١٥٠٠ غ	سكر	٧٠ غ
حمض الطرطر	٤ «	آزوتات النشادر	٤ «
فوصفات البوتاسيوم	٠٫٦٠ «	فحمات البوتاسيوم	٠٫٦٠ «
فحمات الماغنزيوم	٠٫٤٠ «	كبريتات النشادر	٠٫٢٥ «
كبريتات الحديد	٠٫٠٧ «	كبريتات التوتياء	٠٫٠٧ «
نملات البوتاسيوم	٠٫٠٠٧ «	فحمات المانغانيز	٠٫٠٤ «

واستنتج نهائياً ، من تكرار هذه التجارب أن النباتات الخضراء تحتاج الى ثلاثة عشر عنصر بسيط أساسي تستدركها من الماء والاملاح المعدنية وغاز فحم الهواء ومولد الحموضة أما النباتات المجردة من اليخضور فتحتاج لنفس العناصر ماعدا الكالسيوم والبور، وتستدرك حاجتها من الماء والاملاح المعدنية والمواد العضوية ومولد حموضة الهواء .

امتصاص الاغذية ودورانها

تمتص جميع أجزاء النبات النفوذة ولا سيما الاوراق منها ، غاز الكربون كما سنرى فيما بعد . أما الجذور فتمتص ماء التربة مع الاملاح المعدنية المنحلة فيه — ويشكل هذا السائل (الماء والاملاح المنحلة فيه) النسغ النــاقص الذي يجري في الاوعية الخشبية داخل النبات .

١ ـ الامتصاص

١ — **مقر الامتصاص** : ١ — يعيش النبات بشكل نظامي إذا غرس في تربة رطبة ، ولكنه يذبل ويجف اذا اقتلع مع جذوره ، ثم سرعان ماتدب به الحيـاة وينمو حين نغمر جذوره في محلول معدني ، **فالجذور اذن هي أعضاء الامتصاص .**

٢ تجربة : لنضع ثلاث نبتات (آ،ب،ج) في ثلاثة أنابيب تحتوي على سائل معدني تعلوه طبقـة من الزيت منعـاً للتبخر ، ولنغمر قلنسوة النبتة آ وحدها في الماء ، ونغمر القلنسوة مـــع الاوبار الماصـة من النبتة ب في الماء ايضاً ، ونغمر كذلك الجذر في النبتة ح ونجعله معقوفاً بحيث تبقى الاوبار الماصة لوحدها في المـاء . فنشاهـــد بعد حين ذبول النبتة آ واستمـرار الحيـاة في النبتتين ب و ح .

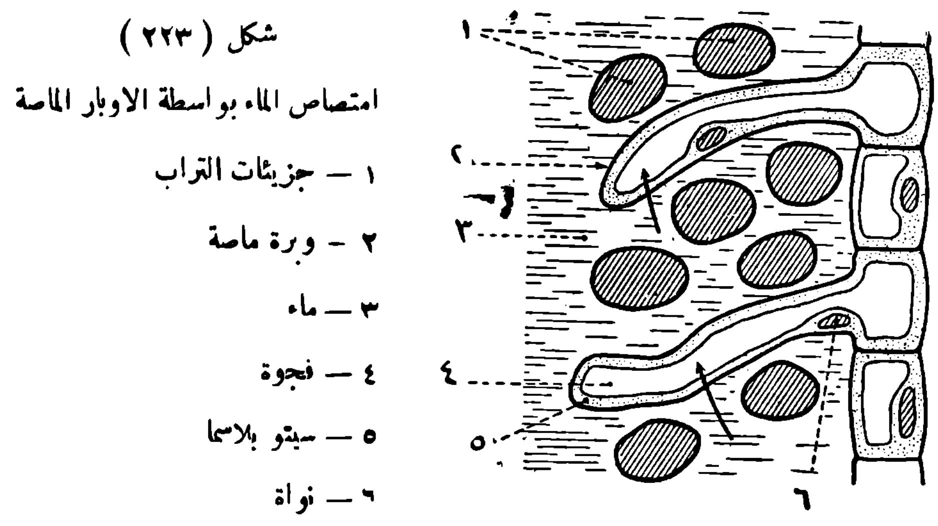
(شكل ٢٢٢)

تجربة تبين امتصاص الاغذية بواسطة الاوبار الماصة

١ ـ منطقة وبرية ٢ ـ قلنسوة ٣ ـ زيت ٤ ـ ماء

فالاوبار الماصة اذن تمتص لوحدها المحلول المعدني دون سواها . ولتشتمل منطقة الأوبار الماصة على سطح واسع جداً يساعد على نفوذ الاغذية بسرعة في منطقة تماسها معها؛ وهذا يذكرنا بسطوح الامتصاص الواسعة في الرئتين بفضل الحويصلات الرئوية ، وفي الامعاء بفضل الزغابات المعوية .

ب – آلية الامتصاص : ١ – امتصاص الماء : لنأخذ نبتات فتية من القمح ، وقد نمت في سائل كنوب ونغمر جذورها في محلول مركز من نترات البوتاسيوم فنلاحظ بعد مدة أنها أخذت بالذبول . وذلك لأن امتصاص الماء قد توقف فيها بسبب ارتفاع تركيز الوسط المائع الذي غمرت فيه الجذور . وهذا يدل على ان امتصاص الماء يحدث بفضل عملية التنوح .



شكل (٢٢٣)

امتصاص الماء بواسطة الاوبار الماصة

١ – جزيئات التراب

٢ – وبرة ماصة

٣ – ماء

٤ – فجوة

٥ – سيتو بلاسما

٦ – نواة

فالوبرة الماصة هي خلية استطالت وتشكلت فيها فجوة مركزية كبيرة ، تحوي عصارة فجوية ذات تركيز أكبر من تركيز الوسط المائع الذي توجد فيه الجذور (يكون الوسط المائي بين ذرات التربة . أو هو المحلول المغذي المصطنع) . وينتقل الماء لهذا السبب من الوسط القليل التركيز ، الى الوسط الأكثر تركيزاً – أي من الوسط الخارجي نحو العصارة الفجوية. ويكون العمل منعكساً في التجربة السابقة ، وهذا ما أدى الى ذبول النبات .

فامتصاص الماء بواسطة الجذر ، يخضع اذن لظاهرة فيزيائية هي التنوح (الحلول) .

١ – **امتصاص الاملاح المعدنية** : تنفذ الامـلاح المعدنية ، وهي منحلة في الماء ، من طبقة الاوبار الماصة ، هذه الطبقة التي لا تسمح بنفوذ جميع الاملاح بنسبة واحدة ، لأنهـا تقوم بعملية الاصطفـاء أو الانتخاب . فالجـذر ينتقي بعض الاملاح دون سواهـا فيمتص بعضها بسرعة اكبر من غيرها .

امتصاص الاملاح غير القابلة للانحلال : تمتص الجذور الاملاح المنحلة في المـــاءفقط أما بعض المواد الصلبة غير القابلة للانحلال في الماء (كالاحجار الكلسية ، وفوسفـات الكلس) فتستطيع الجذور ان تحلها وبذلك تتمكن من امتصاصها كما يتضح من التجربة التالية:

لندع بعض حبات الفول تنبت على لوحة من رخام قـد علاها طبقة من الرمل المبلل ، فنلاحظ ان الجذور قد أخذت تحفر في الرخام اتلاماً · يتفاوت عمقها حسب حل الجـذور لمادة فحمات الكالسيوم التي تتركب منها اللوحة المذكورة . ويحصل ذلك ايضاً في مـادة الفوصفوريت غـــير المنحلة ، حيث يحولها النبات الى شـكل قابل للامتصاص . وتعود مقدرة الجذور على حل هذه المواد الى افراز حوامض لم تعرف طبيعتها الى الآن ، ويحتمل بأن غاز الفحم النـاتج من تنفس الجذور قد يساهم في ظاهرة الحل هذه ولا سيما في حل فحمات الكالسيوم .

حـ – النسغ الناقص : تتوزع الاملاح الممتصة في خلايا قشرة الجذر ، وتصل مع الماء الى الأوعية الخشبية حيث تشكل النسغ الناقص . ويعتبر النسغ الناقص محلولاً ممدداً جداً من الاملاح المعـدنية ، فهو يحتوي وسطياً ١ غ من الاملاح في كل ٣ – ٥ ليترات من الماء .

٢ – دوران النسغ الناقص

التجارب العملية :

آ – صعود النسغ الناقص بواسطة الاوعية الخشبية : ونبين ذلك بالتجارب التالية :

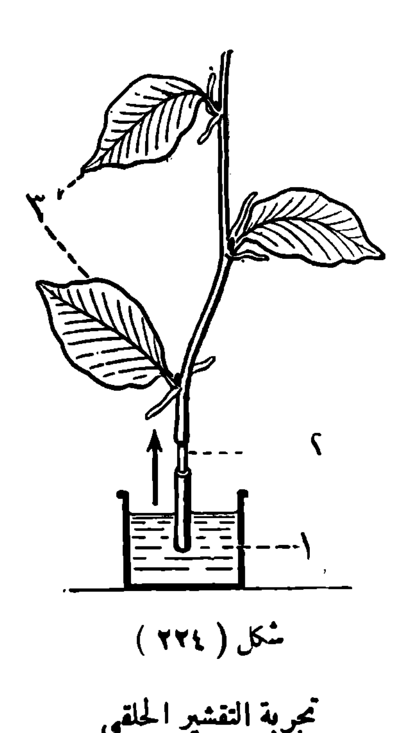
١ – نقطع القشرة واللحاء في ساق قطعاً دائرياً بشكل حلقة دون أن تمس الخشب ويدعى ذلك بالتقشير الحلقي .

فنشاهد أن الأوراق التي تقع فوق التقشير هـذا لا تذبل بل تستمر في الحيـاة لأنهـا تتلقى النسغ الناقص من الخشب .

٢ــ لنضع قاعدة الغصن الذي أجرينا عليه التقشير الحلقي في محلول الفوكسين فنجـد أن المحلول هذا قد صعد في الغصن وتلونت أوعيته الخشبية بالاحمر .

٣ ــ لنقطع غصناً مورقاً ونغطس قاعدته في البارافين المصهور مدة دقيقة واحـــدة ، فنراهـا تصعد الى ارتفـاع بضعة مليمترات في الاوعية الخشبية بفضل الحادثة الشعريه ، ثم تتجمد وتسد الاوعية المذكورة .

ثم لننظف سطح المقطع بواسطة الموسى لازالة طبقـة البارافين التي سدت القشرة واللحـاء والمخ ــ ثم لنغطس الغصن في الماء فنلاحظ أن الغصن يذبل لان الماء لم يتمكن من الصعود فيه.



شكل (٢٢٤)

تجربة التقشير الحلقي

١ ــ ماء

٢ ــ تقشير حلقي

٣ ــ اوراق غير ذابلة

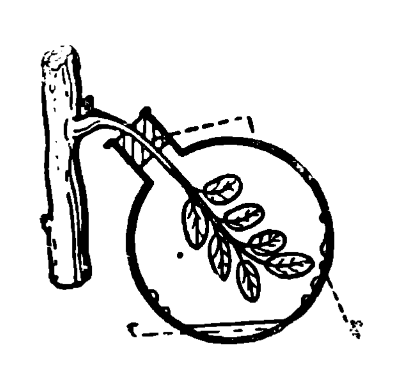
فصعود النسغ الناقص اذن يتم بواسطة الاوعية الخشبية وحدها دون سواها تقريباً .

ب ــ سرعة صعود النسغ الناقص : لقد تبين بنتيجة القياسات أن سرعة صعود النسغ الناقص تختلف من نبات لاخر ، فهي في نبات التبغ مثلا ام في الساعة . وفي نبات الكرمة ١،٢٠ م في الساعة .

النتح أو الانفضاج

١ً ــ مصدر الماء المنتوح : النتح هو عملية خروج بخار الماء الزائد في النسغ ،ذلك الماء الذي استعمل في جريان المواد المعدنية من الأرض حتى الاوراق . اذ أن هذه الاملاح

لم يمتصها الجذر الا بهيأة محاليل مائية ممدوة جداً (غالباً غرام واحد في ٤ ــ ٥ لترات ماء) فاذا ما وصلت هذه الكمية من الماء الى الاوراق ، انتهت مهمتها وأصبحت فائضة ووجب طرحها الى الخارج ، نتحاً بهيأة بخـــار ماء . وقد يطرح أحياناً بهيأة قطيرات ، ومن هنا فقط يطلق على هذه العملية اسم التعرق .



شكل (٢٧) الانفضاج (تجربة الحوجله)
١ــ سدادة ٢ــ ماء متكاثف ٣ــ قطيرات

٢ً ــ **قياس شدة النتح** : يمكن قيـاس كمية الماء المطروحة من نبات ما ، في وقت معين .

طريقة القارورة : يوضـع غصن مورق في قارورة ملئت ماءً ، يخترقهـا أنبوب مدرج وذو رأس مدبب ، وملىء بالماء لسوية معينة . فالغصن يمتص ماء القارورة ، وينتحه للخارج، فاذا ما كانت القارورة محكمة الاغلاق أمكن الحكم بان نقصان كمية ماء القارورة لايمكن أن يحدث الا عن طريق النتح وان كمية الماء التي نقصت في الانبوب تعادل كمية الماء المنتوحة وهنالك طرق أخرى لا مجال لبحثها هنا .

٣ً ــ **خروج بخار الماء**: يخرج بخار الماء عبر القشيرة التي تغطي بشرة وجهي الصفيحة، ومن المسام الهوائية ، ولنعلم أن النتح عبر القشيرة ضعيف جداً في الاوراق الكهلة نظراً لثخن قشيرتها التي تصبح ، والحال هذه ، عديمة النفوذ تقريباً . أما الاوراق الفتية فذات قشيرة رقيقة جداً وقابلة للنفوذ .

أما خروج الماء من المسام الهوائية فهو الهـام جداً في النباتات الهوائية ذات الاوراق الكهلة . ويكفي لاثبات خروج الماء من مسام بشرة هذه الاوراق التجربة البسيطة التالية : تبلل ورقة بمحلول كلور الكوبالت بنسبة ٤ ٪ . ثم تجفف فتصبح الورقـة زرقاء ، فاذا ما وضعناها على الوجه السفلي لورقة خضراء تصبح زهرية اللون (حيث ينتشر بخار الماء).

ان عملية النتح تفسر لنا أهمية مسح وغسل أوراق النباتات بين مدة وأخرى ضماناً لحدوث عملية النتح ، لأن الاوساخ والغبار من شأنهـا أن تسد المسام الهوائية التي تلعب الدور الاكبر في حادثة النتح .

٤ – **تغير نسبة النتح** : لايكون النتح دوماً بشدة واحـدة ، فهو يتغير ليس باختلاف ثخن القشيرة ، أو عدد المسام الهوائية فحسب ، بل يختلف حسب كثرة الماء في الارض . ويختلف أيضاً حسب كثافة العصارة الخلوية ، وأخيراً ، هنالك عدة عوامل خارجية تؤثر في شدة النتح : كالحرارة ، والرطوبة ، وحركة الهواء ، والضياء ، كما أن شـــدة النتح تتناسب ايضاً مع غنى الاوراق بمادة اليخضور ، فالحرارة تسرع في النتح ، وأما الرطوبة الجوية فذات تأثير عكسي ، وحركة الهواء تزيد في قوة النتح ، أما الضياء فيزيد في شدته

٥ – **اختلاف النتح طيلة النهار** : اذا ما قيست كمية بخار الماء المتصاعدة من نبات ما في ساعات مختلفة من اليوم ، على أن تبقى درجة الرطوبة ثابتة ومدى تحرك الهواء ثابت ايضاً ،

يلاحظ أن هذه الكميات تأخذ بالتزايد ابتداءاً من شروق الشمس حتى الساعة الثالثة مساء حيث يبلغ النتح أقصى شدته . ثم تبدأ الكميات بالتناقص سريعاً من الساعة الثـالثة حتى الساعة السادسة مساء . أما أثناء الليل فيبقى النتح ضعيفاً . وهذا التبدل تابع للحرارة وضوء الشمس إذ هما العاملان الرئيسيان فيه .



تغذي النباتات الخضر بالكربون

التمثل اليخضوري

الصباغات النباتية : تقسم الصباغات النباتية الى ثلاث زمر أساسية ، حسب لونها وتركيبها الكيميائي :

١ — اليخضور ، ويتوضع في جسيمات خاصة هي جسيمات اليخضور وهي التي تكسب الأعضاء النباتية لونها الاخضر الزاهي .

٢ — الصباغات الجذرية : وتصاحب اليخضور وتتوضع في جسيمات خاصة . وهي التي تكسب الثمار والازهار ألوانها المختلفة من أصفر ، وبرتقالي وأحمر .

٣ — الصباغات الخاصة بالزهور والأوراق : وهي التي تكسب الألوان الزرقاء والوردية والأرجوانية للأزهار وبعض الثمار ، كالعنب والكرز ... وبعض الأوراق ايضاً .

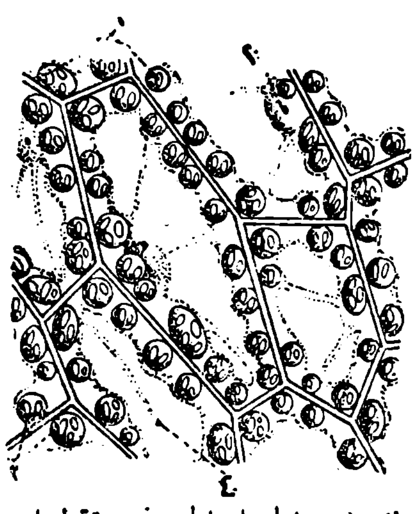
لقد دلت التحريات الكيميائية العضوية أن الكربون يدخل بنسبة كبيرة جداً في تركيب النباتات (٤٥ ٪) تقريباً تستمده النباتات الخضر من غاز الكربون (CO_2). وللنبات الاخضر المعرض للنور خاصة يتمكن بواسطتها من امتصاص غاز الكربون من الهواء ، فيحلله طارحاً مولد الحموضة مثبتاً الكربون ، صانعاً من ذلك المواد السكرية وذلك بفضل وجود صباغ خاص أخضر في خلاياه هو اليخضور . فلنبحث في هذه المادة الصباغية .

اليخضور

مادة خضراء ، تنتشر في السوق (خاصة المشبية) لا أثر لها في الفطور والجراثيم .

وفي بعض باديات الازهار العفنية والطفيلية كمش الطائر . وتكسب هذه النباتات لونها الاخضر ، تتوضع هذه المادة في الحبيبات الخضر المنتشرة في خلايا النسيج الخاص

وخاصة النسيج الحباكي للأوراق . أما أشكالها فمديدة وتختلف باختلاف النباتات : فهي غالباً مدورة أو تأخذ شكل شريط بزالي (حلزوني) كما في الأشنيات .



شكل(٢٩)الحبيبات الخضر في ورقة طحلب
١ ـ حبات نشاء ٢ ـ نواة ٣ ـ حبيبات خضر ٤ ـ هيولى

صباغات الحبيبات الخضر : ليست المادة التي تصبغ الاوراق يخضوراً نقياً بل يخضور مشوب بمواد أخرى فاذا نقعت أوراق الاسفاناخ (سبانخ) مدة (٢٤) ساعة في الخلون أو كلور النمل ، أو في الغول حصلنا على محلول أخضر هو محلول اليخضور غير النقي الذي انتشر من حبيبات اليخضور التي تفقد لونها (طريقة استحصال اليخضور المشوب) (تجربة) .

وبالتحليل وجد أن اليخضور ، المستحصل بهذه الطريقة ، وهو مؤلف من اجتماع ثلاث صباغات : يخضور نقي ، ويصفور ، وجزرين ، ويطلق على هذين الصباغين الأخيرين ومشتقاتها اسم الصباغات الجزرية .

اليخضور النقي : يستر الحبة الخضراء ، اذ هو اكثر الصباغات انتشاراً فيها ، ويقوم وحده بالعمل المنسوب اليه ألا وهو التمثل اليخضوري ، ويتركب كيميائياً من الكربون والهيدروجين ، ومولد الحموضة والآزوت يضاف إلى ذلك الماغنزيوم الذي وجد في رماده . وإن فقد هذا المعدن من غذاء النباتات يحدث فيها اصفرار الأوراق ، صفرة إلى البياض . وتقدر كمية اليخضور المشوب في (١٠٠) غ من مسحوق الاوراق المجففة بغرام واحد ، منها (٠٫٨) غ من اليخضور النقي .

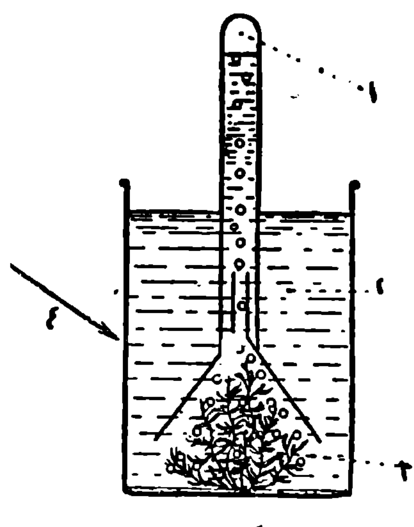
يتألف اليخضور النقي من مزيج نوعين من اليخضور : يخضور (آ) ورمزه ($C_{55} O_{72} O_5 N_4 Mg$) اذا حل كان لونه أزرق يميل الى الاخضر . ويخضور (ب) ورمزه ($C_{55} H_{70} O_6 N_4 Mg$) اذا حل كان لونه أخضر ونسبتها الى بعضها نسبة $\frac{٣}{١}$.

التمثل اليخضوري

المبادلات الغازية اليخضورية
أو
التركيب الضوئي

طبيعة الحادثة : لبيان هذه الظاهرة نجري التجربتين التاليتين :

١ — في نبات مائي : لنأخذ حوضاً من الزجاج فيه ماء سلتز الذي يحوي كمية كبيرة من غاز (CO_2) المنحل ، ولنضع فيه قمعاً زجاجياً مليء بالماء نفسه ولننكسه فوق نبات مائي أخضر كعدس الماء مثلا . ثم لنأخذ انبوباً زجاجياً مليء بالماء نفسه ولننكسه على الحوض جاعلين ذنب القمع في لمة الانبوب ولنعرض الجهاز الى النور ، فنلاحظ فقاعات غازية تخرج من الأوراق منطلقة في الانبوب المنكس ، متجمعة بعد مدة . ويمكن كشف هذا بكواشفه التي تبين أنه مولد حموضة .

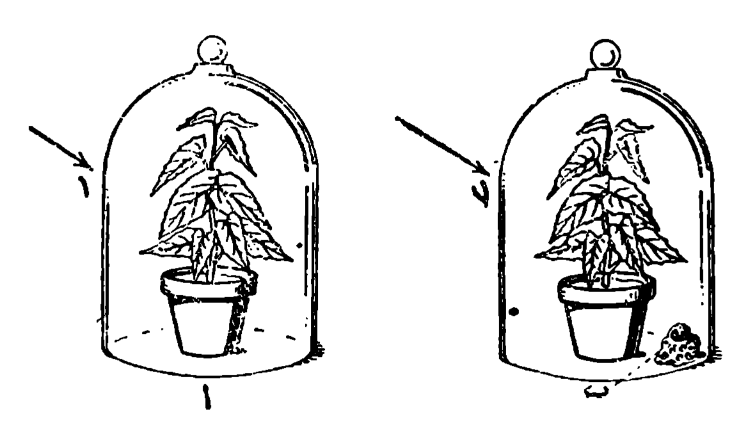


شكل (٣٠)
تجربة تبين عمل اليخضور (التمثيل)
١ ـ مولد حموضة ٢ ـ ماء سلتز
٣ ـ نبات اخضر ٤ ـ نور

٢ — في نبات هوائي : لنضع نباتاً أخضر تحت فانوس زجاجي مغلق أضيف الى هوائه كمية من غاز (CO_2) ولنعرض الفانوس الى نور الشمس مدة ، ثم لنحلل نموذجاً من هواء الفانوس فنجد أن هذا الهواء قد فقد بلاماء الفحم وكسب مولد الحموضة . أما النبات نفسه فيزيد وزنه بقدر الفحم الموجود في (CO_2) المستنشق .

شروط هذه المبادلة : لا يمكن أن تتم هذه المبادلة إلا ضمن ثلاثة شروط : وجود

اليخضور ، وجود بلاماء الفحم ، والنور ، فالتجربتان السابقتان لاتعطيان أية نتيجة ، فيما إذا أجريتا في الظلام أو اذا كان النبات المستعمل مجرداً من اليخضور (فطور مثلا) أو إذا كان وسط النبات خالياً من غاز الكربون .



شكل (٣١) فصل التنفس عن التمثيل (طريقة التخدير)

أ - النبات يتنفس ويمثل ١ — النور الوارد

ب - النبات يتنفس فقط (لوجود اسفنجة كلور النمل الى جانبه)

شدة التمثل . يطلق هذا الاسم على كمية مولد الحموضة المنطلقة أو كمية بلاماء الفحم الممتصة من قبل نبات أخضر في مدة معينة . وتتأثر هذه الكمية بجملة من العوامل أهمها : الحرارة وكثافة ماء الكربون والنور ، وكمية الماء واليخضور في النبات ، وكمية مولد الحموضة في الوسط الذي يعيش فيه النبات ، واخيراً حالة هيولى الخلايا .

١ً — الحرارة : يكون التمثل ضعيفاً في درجة الصفر (خلا بعض الاستثناءات للنباتات الجبلية الباردة) . وأفضل الدرجات ملاءمة بين (٣٥° — ٤٠°) ويضعف فوق ذلك اذ ينعدم في الخمسين مئوية .

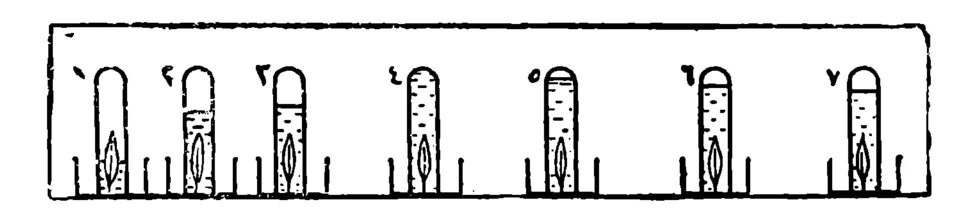
٢ً — كثافة بلاماء الفحم في الهواء : يزيد التمثل بزيادة بلاماء الفحم في الهواء ، وأحسن نسبة يجب أن توجد في وسط النبات (٥ — ٨٪) ولا تتوفر هذه النسبة الا تجريبياً ، اذ في الهواء لا تتجاوز هذه النسبة ٠،٠٣٪ .

٣ – النور : للنور تأثير كبير في حادثة التمثل اليخضوري ، من حيث الشدة اولا ، ومن حيث نوع الاشعة ثانياً .

شدة النور : ينعدم التمثل في الليل ويزيد في النهار . أما درجة التنوير التي يكون فيها التمثل اليخضوري على أشده فتختلف باختلاف النباتات . وهكذا يفقد النبات فحماً في الليل بسبب التنفس ، ويكسب فحماً في النهار بالتمثل ولكن كسبه أكثر من خسارته بعشر مرات ، لذا يتراكم الفحم فيه ويصنع منه مركباته .

تأثير الاشعة : لا يتم التمثل الا بوجود الاشعة الحمراء والبرتقالية والزرقاء والبنفسجية ويثبت ذلك بالتجربة التالية :

ينثر شعاع شمسي بموشور ، وتستقبل الاشعة المنتثرة على منضدة يوضع فوقها في منطقة كل لون من الألوان وعاء زجاجي فيه نبات اخضر مغمور بماء سلتز ومغطى بقمع منكس على قمعه انبوب مملوء بالماء . فيلاحظ أن فقاعات غازية تتكون علىأوراق النباتات في منطقة الاحمر والبرتقالي والأصفر والنيلي والأزرق والبنفسجي . وتنطلق هذه الغازات متجمعة في الأنابيب المنكسة على الأقماع واكبرها كمية ما انطلق منها في منطقة الاحمر . أما منطقة الاخضر فلا فقاعة في انبوبها . ومن البديهي ان يكون الغاز المنطلق مولد الحموضة .



شكل (٣٢) ثبات تأثير نوع الاشعاعات الضوئية في التمثل اليخضوري بطريقة الطيف

١ ـ الاشعة الحمراء ٢ ـ البرتقالية ٣ ـ الصفراء ٤ـ الخضراء (لا يوجد في الانبوب غاز) ٥ـ الزرقاء ٦ـ النيلية ٧ـ البنفسجية

٤ – تأثير اليخضور والماء : لا بد لحدوث التمثل اليخضوري من وجود حد معين

أدنى من اليخضور ، كما لابد من وجود حد معين وكمية مطلوبة من الماء لأن الجفاف لايخرب الانسجة ويوقف فيها أية مبادلة .

٥ً — مولد الحموضة : لا يتم التمثل الا بوجود مولد الحموضة في محيط النبات ، وحذفه يوقف فعل التمثل .

٦ً — تأثير حال الهيولى : ان وضع النبات مدة طويلة في النور يتعب الهيولى ، ومتى تعب فان شدة المبادلات اليخضورية تضعف أيضاً بدورها .

ولنلاحظ أخيراً ، نتيجة لما سبق ان تنظيم شـدة التمثل اليخضوري يؤول العـامل الخارجي الذي يكون في حد أو نسبة أدنى من حدود زملائه .

المعادل التمثيلي اليخضوري : هو نسبة حجم مولد الحموضة ، المنتشر الى حجم بلاماء الفحم الممتص ($\frac{O_2}{CO_2}$) . وهو في الغالب يساوي واحداً ، وقد يزيد فيبلغ ١٫٠٦ كما في الكستنا ، و ١٫٣ في القمح . ومن هنا يستدل على ان مولد الحموضة المنطرح لا ينشأ من تحلل (CO_2) فقط وانما ينشأ قسم منه من تحلل مواد محمضة أخرى كالنترات مثلا .

ولنعلم أن خارج القسمة هذا ثابت لا يتغير ولا يتبدل مهما كانت حال النبات الغريزية وأياً كانت شرائط وسطه .



نتائج التركيب الضوئي

يتم تشكل السكريات نتيجة لنشاط التركيب الضوئي في نسج الاوراق .

ويمثل النشاء المرحلة الطبيعية لهذا التركيب اليخضوري عند كثير من النباتات الخضراء ، فهو بوجوده في الاعضاء برهان حقيقي مميز لحدوث التركيب الضوئي ونلخص هذه الظاهرة بالمعادلة التالية :

$$6\,n\,CO_2 + 5\,n\,H_2O + \text{حريرات قدرة} = (C_6H_{10}O_5)\,n + 6\,n\,O_2 \nearrow$$

إلا أن كثيراً من النباتات ذات الفلقة الواحدة (كالسوسن والخزامى والنجيليات) لا تحتوي أوراقها المعرضة للنور على نشاء ابداً ، بل نجد فيها سكريات منحلة في الفجوات (كالغلوكوز ، والليفولوز وخاصة السكاروز) وجميع هذه السكريات هي نتيجه لحدوث التركيب الضوئي .

ويعبر عن تركيب الغلوكوز بالتفاعل التالي :

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O + \text{٦٧٥ (حريرة)} = C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \nearrow$$

ولكن هذا التفاعل مع التفاعل السابق ، لا يدلان على الظاهرة الا بصورة اجمالية ، وذلك لأن طرف المعادلة الاول لا يمثل سوى المرحلة البدائية منها ، بينما يمثل طرفها الثاني المرحلة النهائية لها . وما التركيب الضوئي الا سلسلة معقدة جداً من التفاعلات الكيميائية العديدة .

اصطناع المواد العضوية الاخرى

في النباتات اليخضورية

١ - **اصطناع البروتيدات (الاحيات)** : ينجم تركيب ذرات البروتيدات الضخمة على وكس النترات التي يمتصها النبات من التربة ، ويحدث هذا التركيب في الجذور وفي الاوراق .

ففي الجذور ترجع النترات ثم تتحول الى مركبات نشادرية تتحد مع السكريات الناتجة عن التركيب الضوئي وتشكل البروتيدات . أما في الاوراق فلا يحدث هذا التحول إلا تحت تأثير النور فترجع النترات ثم تتحـول الى مركبات نشادرية تتحـــد مع قسم من طليمة الجسم العضوي (وهو ليس من السكريات ، ولكنه يعتبر أول جسم يتشكل بنتيجة التركيب الضوئي) فتحصل البروتيدات ، كما ينتج عن القسم الآخر سكريات .

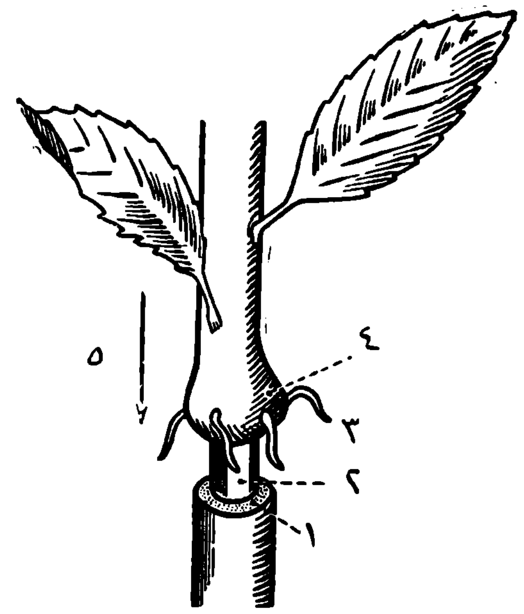
٢ - **اصطناع الشحوم** : يزداد اصطناع الشحوم في البذور والاثمار الزيتية ، ويكون تكوينها على وكس السكريات (لا تحوي البذور الزيتية الفتية إلا سكريات فقط تزول بالتدريج في دور النضوج وتحل محلها الشحوم كلما زالت) .

النسغ المحضر ودورانه

يفقد النسغ الناقص في الاوراق كمية من مائه بالانفضاج والتمرق ، ويكسب بالتركيب الضوئي مواد عضوية جـديدة ، وخاصة السكريات والبروتيدات فينقلب الى نسغ مغذ أو محضر ، يتوزع الى سائر انحاء النبات فيغذيه ، وتسهل انحلال بعض مواد هذا النسغ خمائر خاصة ، فالنشا يتحول الى مالتوز بفعل خميرة خاصة ، وهذا ينقلب بدوره الى غلوكوز ينحل في الماء ويهاجر من الاوراق .

دوران النسغ المحضر : ينتشر النسغ المحضر من خلية الى اخرى في النسج الخاصـــة الورقية ، ثم ينتقل الى العصيبات فالمطاليق ، حيث يصل الى الاغصان ومنها ليهاجر بعـدئذ

ويتوزع في جميع انحاء النبات .



يجري النسغ المحضر ضمن الانابيب الغربالية ، ويكون اتجاهه صاعداً او نازلا بحسب المناطق التي يتجه اليها ويثبت ذلك بتجربة التقشير الحلقي :

يصنع في منشأ غصن مورق شق دائري تقطع فيه حلقة من القشرة مع طبقة من اللحاء بدون أن يمس الخشب ، فيلاحظ أن هذا الشق يلتئم ثم تتكون في شفته العليا حوية بارزة تصدر عنها جذور منضمة ، بينما تبقى شفته السفلى على حالها . ويعلل ذلك

شكل(٣٣) تشكل ندبة حلقية بعد التقشير الحلقي
١ ـ لحاء وقشرة ٢ ـ خشب ٣ ـ جذور منضمة
٤ ـ ندبة حلقية ٥ ـ نسغ محضر .

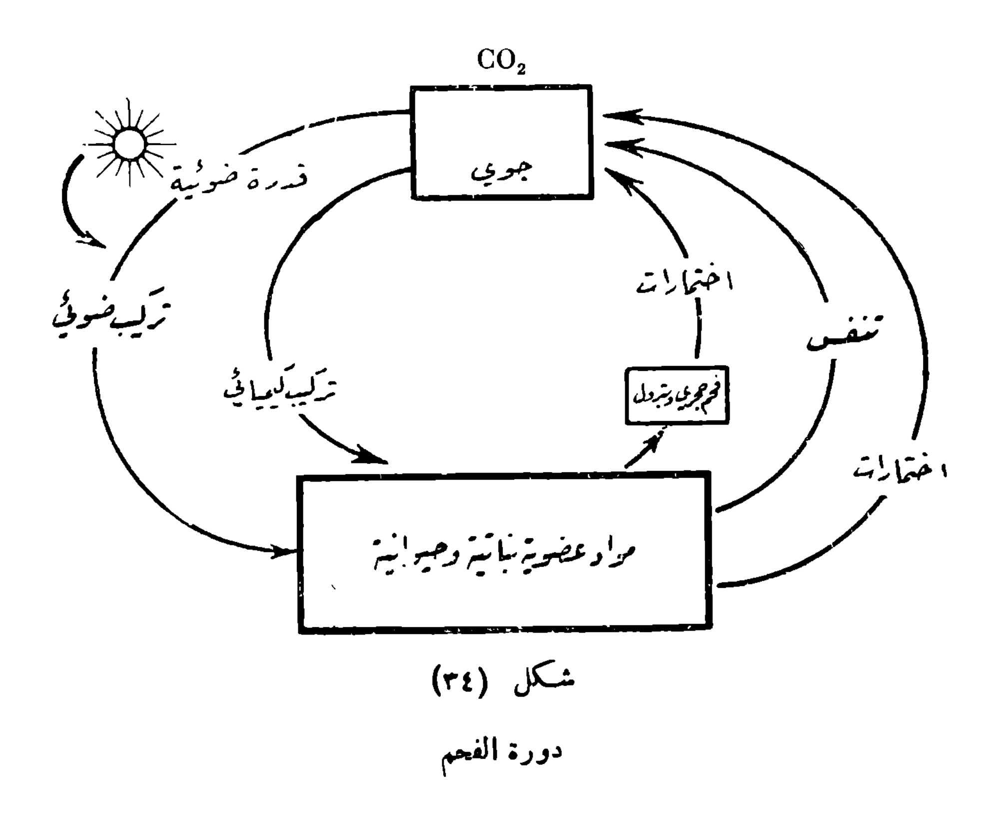
بتراكم النسغ الذي صنعته الاوراق فوق الشق لعدم تمكنه من الهجرة نحو اسفل الساق فاللحاء هو مقر لتيار هابط من النسغ ، ينزل في الساق نحو الجذور .

واذا أجري هذا التقشير الحلقي في غصن مجرد من الاوراق ، نلاحظ أن البرعم النهائي يتوقف نموه (لتوقف تيار النسغ المحضر الذي يصعد نحو البرعم من جراء عملية النزع الحلقي) .

نستنتج من ذلك : ان اللحاء هو أيضاً مقر لتيار صاعد من النسغ المحضر نحو البرعم ، والسوق وازرار الأزهار التي تعتبر بأجمعها مكاناً لاستهلاكه .

دورة الكربون في الطبيعة

لعنصر الكربون أهمية كبيرة في حياة الكائنات الحية ، وهو يتحول في الطبيعة ما بين الشكل المعدني (CO_2) والشكل العضوي (سكريات شحوم بروتيدات) باستمرار ، وقد رأينا أن تحول الكربون المعدني الى أجسام عضوية لا يتم الا بفضل التركيب الذي تقوم به النباتات الخضراء . ثم يعود الى الشكل المعدني بفضل التنفس والاختمار والاحتراقات الشديدة ويمثل الشكل التالي دورة الكربون في الطبيعة :



شكل (٣٤)

دورة الفحم

تغذي النباتات المجردة من اليخضور

التطفل والتعايش في النبات والحيوان

رأينا أن النباتات الخضراء قادرة على صنع موادها العضويه الضرورية لافعالها الحيوية، وسميت لذلك بالنباتات ذاتية التغذية . إلا أن الحيوانات لا تستطيع ذلك بل تتناول اغذيتها العضوية جاهزة من النباتات الخضراء فهي غير ذاتية التغذية وأما الفطور وأغلب الجراثيم العديمة اليخضور ، فهي غير ذاتية التغذية أيضاً ، وتأخذ المواد السكرية الضرورية إما من اشلاء النباتات والحيوانات المتفسخة التي تعيش عليها وتركب موادها الآحية بنفسها ، وتدعى عندئذ «الرميات» أو أن تتغذى بالمواد العضوية الحية من النباتات والحيوانات الحية التي تتطفل عليها وتدعى « الطفيليات » .

فالتطفل اذاً شركة ريعها وحيد الجانب ، يستفيد منها أحد الشريكين فقط ، وهو الضيف على حساب الشريك الآخر وهو المضيف .

وقد يشترك نباتان معاً ويفيد كل واحد منهما الآخر ، ويطلق على هذه الشركة ذات المنفعة المتبادلة اسم (**التعايش**) .

اولا — التطفل :

آ ـ **النباتات الطفيلية** : ونميز منها قسمين :

١ً ـ **النباتات بادية الزهر الطفيلية** : نذكر مثالا عنها الكشكوت ، ويعرف باسم الهالوك أيضاً . وهو نبات يعيش على الصعتر والنفل والفصفصة ، والبطاطا والبندورة ، ساقه ملتفة وأوراقه ضامرة تحولت الى حراشف عديمة اللون،



شكل (٣٥)

الكشكوت على ساق الفصفصة

١ ـ ساق ٢ ـ ممصات

وأزهاره بيضاء مجتمعة . وينمو الكشكوت بعد انتاش بذرته ، ويتسلق على ساق مضيفه ، مرسلاً فيه ابراً مجهزة بممصات تنغرس في قشرة ساق المضيف ونسجه حتى تصل الى أوعية النسغ فتمتص منهـا النسغ المحضر والنسغ الخام . وهكذا يضيع القسم الاكبر من غـذاء المضيف فيقف نموه ويموت . ومن هذه النباتات الجمفيل وتتطفل على جذور الفصفصة . . وذؤنون الارض ويتطفل على جذور الصفصاف .

والى جانب هذه النباتات المدعة اليخضور ، والتي تتطفل تطفلا كاملا ، هناك نباتات بادية الزهر تعيش متطفلة على غيرهـا رغم وجود اليخضور فيها ، بيد أن تطفلها ناقص ، ونذكر مثالاً عنها نبات الدبق الأخضر ، الذي يعيش على أغصان التفاح مرسلا ممصاته في نسجها حتى تصل الى الاوعية الخشبية ، فيأخـذ الدبق منها المـاء والاملاح المعدنية ، بينما يأخذ بفضل أوراقه الحـاوية على اليخضور ، غاز الكربون من الهواء ، فيكمل بفضل التركيب الضوئي أغذيته .

وفي الشتاء تسقط أوراق التفاح ، بينما تستمر أوراق الدبق الدائمة بعملها اليخضوري ، ويقدم الدبق الى مضيفه كمية من السكريات التي صنعها .

وقد سميت هذه الحادثة بالتطفل النصفي ، لأن الدبق لا يأخذ من مضيفه إلا قسماً ضئيلا الغذاء ، ويصنع بقية غذائه بنفسه .

ويلاحظ بصورة عامة أن جهاز التغذية في باديات الزهر الطفيلية ، ضامر او ناقص ، وذلك لتطوره تطوراً ناقصاً أثناء التطفل .

٢ً – مستورة الزهر الطفيلية : تنتسب أكثر أفراد هذه الفئة الى الاشنيات والفطور وعددها كثير جداً وهي تحدث في الحيوان والنبات أمراضاً خطيرة ،

١ – الفطور الطفيلية : نذكر منها :

– عفن الكرمة : الذي يتطفل على أوراق الكرمة وقد درسناه مفصلا في العام الماضي .

– فطر الارمـداد : ويدعى المن ، وهو فطر تتألف مشرته من خيوط تزحف على سطح أوراق الكرمة وعلى حبات العنب مرسلا فيها ممصات صغيرة تمتص بها الاغذية بسرعة ويكافح بسهولة برش زهر الكبريت .

— وهنـــاك أنواع عديدة من الفطور الطفيلية التي تتطفل على نباتات فصيلة الحبوب مسببة أضراراً كبيرة ، وقـد درسنا أمثلة كافية عنها في العام الماضي كالسواد أو فحم الحبوب ، والشقران أو صدأ الحبوب .

— ومن الفطور ما يتطفل على الحيوانات وعلى الانسان نذكر منها الفطور الشعاعية التي تحدث في الانسان داء خطراً يدعى داء الفطر الشعـاعي . والفطور الشعرية التي تحـدث السعفات (القرعات) في فروة الرأس .

٢ — **الجراثيم الطفيلية (الاشنيات)** : وهي تحدث أكثر أنواع الامراض السارية ونذكر منها عصيات الجمرة الخبيثة ، وعصيات السل ، وعصيات الكزاز وعصيات الحمى التفية وعصيات الخناق الخ . . وتتطفل كلها على الانسان فتضر به بسمومها وذيفاناتها القاتلة .

ب — **الحيوانات الطفيلية** : إن أمثلة التطفل في الحيوانات عديدة جداً . وقد عرفنا كثيراً منها في السنين الماضية . فمنها الجراثيم الحيوانية التي تتطفل على الانسان أو الحيوانات مسببة لها أمراضاً انتانية ، كالمتحول الزحاري ، والمصورات الدموية والمثقبيات الخ. وكثير من الحشرات التي تمتص دم الانسان أو الحيوان كالبراغيث والقمل . . . وطفيلي الجرب الذي يتطفل على جلد الانسان .

كما أن قسما كبيرا من الديدان يعيش متطفلا على جسم الانسان أو الحيوان مسبباً أمراضاً خطيرة . كحيات البطن ، والبلهارزيات والديدان الشريطية . ومنها ما يحتاج لاتمام حلقة تطوره لمضيفين متتاليين . ونكتفي الآن بذكر مثال عنها هو الدودة الشريطية المسلحة :

وهي دودة منبسطة تعيش متطفلة على معي الانسان حيث تتثبت بشدة بواسطة محاجمهـا الاربعة وكلاليبها . وتتغذى بحاصلات هضم مضيفها بالحلول . وعندما تنضج تنفصل عنهـا الحلقات الاخيرة وقد امتلأت بالبيوض ، وتطرح هـــذه الحلقات مع البراز الى الوسط الخارجي فتتلوث الاعشاب بالبيوض المنتشرة منها فيلتهمها الخنزير ، فتنحل قوقعتها ويخرج منها جنين مسدس الاشواك يخترق جدران الامعاء وينتقل بطريق الدم الى العضلات حيث ينمو ويشكل حويصلا في داخله رأس صغير . ويتوقف النمو عند هـــذه المرحلة وتبقى الحويصلات في عضلات الخنزير مسببة له داء الشريطيات الكيسي .

وإذا أكل الانسان لحم الخنزير المصاب دخلت الحويصلات الى معدتـه حيث تنحل ويصبح رأس الدودة حراً فيتثبت على جدران الامعاء وتنشأ عنه دودة كهلة ، مسببة للانسان اضطرابات هضمية واضطرابات عصبية .

ويلاحظ أن هـذه الحويصلات الطفيلية قد تكيفت اعضاؤها بنتيجة التطفل وضمرت الاعضاء التي أصبحت لا وظيفة لها . ففي البرغوث والقمل مثلا نلاحظ أن هذه الحشرات قدفقدت أجنحتها لاعتيادها حياة التطفل، كما أن لواحق الفم قدتكيفت فيهامع اللدغ والمص.

ونلاحظ أيضاً أن أجهزة التغذية قد ضمرت حتى انها زالت نهائياً كما في الدودة الوحيدة التي فقدت هذه الاجهزة بكاملها . فليس لها جهاز دوران ولا جهاز تنفس ولا جهاز هضم . انما تتغذى بالحلول . ويسمى ذلك بالتردي الطفيلي .

ثانياً - التعايش :

ونذكر مثالا عن **النباتات المتعايشة** :

١ - **الحزازيات** : وهي نباتات تعيش على سطوح المنازل والجدران وسوق الاشجار الرطبة - يتألف جهازها المغذي من مشرة مختلفة الاشكال ويكون الشريكان فيها عادة أشنية خضراء وفطراً . فاذا قطعنا قطعاً عرضياً مشرة الحزازة وفحصناهـا بالمجهر وجدنا أنها تتألف :

١- من منطقة علوية تحتوي على بوغ يفيد في تكاثر الحزازة ، وعلى خيوط .

٢- من منطقتين قشريتين عليا وسفلى تتألفان من نسيج من الخيوط الفطرية العديمة اللون .

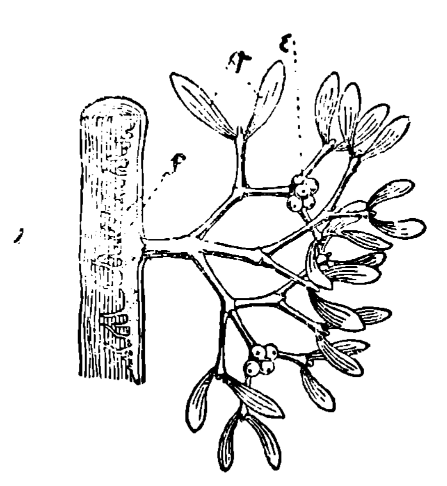
٣- من منطقة متوسطة مكونة من خلايا أشنية خضر محبوسة في عيون شبكة واسعـة من الخيوط الفطرية . وتتثبت الحزازة في مكانها بواسطة الخيوط التي تمتص الماء والاملاح المعدنية وقد أمكن تركيب الحزازة تجريبيا كما يلي :

توضع قطعة من قشرة شجرة في قارورة من الزجاج وتعقم ، ثم يبذر فوقها بوغ فطر ، وتوضع الى جانبه بضع خلايا من نبات أشني فتنشأ من البوغ خيوط تحيط بالخلايا وتؤلف معها الحزازة فتحمي خيوط الفطر خلايا الاشنة من الجفـاف وتقدم لهـا المـاء والاملاح

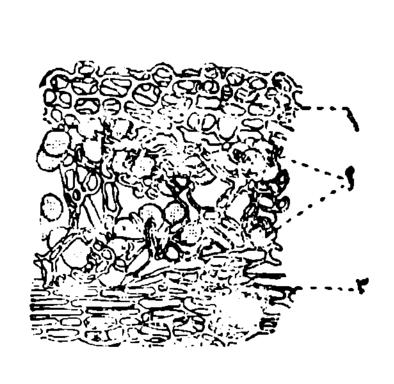
المعدنية ، وغاز الكربون الذي تطرحه أثناء تنفسها . بينما تصنع الأشنة بفضل يخضورها المواد السكرية والنشوية وتقدمها لخيوط الفطر التي لا تستطيع صنعها لخلوها من اليخضور.

٢ – العصيات الجذرية : وسندرس ذلك مفصلا في بحث تغذي النباتات بالآزوت ، ونرى هذه العصيات تتعايش مع النباتات البقلية ، بيد أن هذا التعايش يستمر مدة ثم يقف لأن النبات يتغلب في النهاية على العصيات فيهضمها ويمتصها .

فالتعايش اذن تطفل جزئي يتحمله المضيف ويحتاج اليه لنموه ، ويفضي الى حالة من التوازن بين النباتين المتعايشين .



شكل (٣٦) نبات الدبق على غصن التفاح



شكل (٣٧) مقطع يوضح بنية الحزازة

التغذية الآزوتية

ودورة الازوت في الطبيعة

هي مجموعة التحولات التي تطرأ على المركبات الازوتية في الطبيعة وتشمل هذه الدورة الاطوار الآتية :

١ً - تحول الآزوت المعدني الى آزوت عضوي :

آ - اعتبارا من النترات والاملاح النشادرية : تمتص النباتات الخضراء الاملاح النشادرية والنترات وتتحول الاخيرة الى بروتيدات . وتفيد البروتيدات النباتية في تغذية الحيوانات المشبية ، التي تستعمل بدورها في تغذية الحيوانات اللاحمة . فتتحول الى حموض أمينية بتأثير الخمائر الهاضمة ، وتتشكل من جديد في الخلايا الحيوانية على شكل بروتيدات حيوانية نوعية .

ب - اعتبارا من الآزوت الحر الذي يتخلل التربة : ويتم ذلك :

(١) - بفضل الراجبيات الحرة في التربة : التي اكتشفت بنتيجة تجارب برتلو : لقد وضع في أصيص ، مطلي بطلاء غير نفوذ كمية من تربة رملية غضارية خالية من الازوت ومركباته . ثم نكس عليها ناقوس من الزجاج يمر فيه تيار من الهواء الصافي . فوجد بعد مضي عدة أشهر - بتعيير هذه التربة قبل التجربة وبعدها - ان كمية الازوت فيها قد زادت . وقد كرر هذه التجربة على تراب معقم بدرجة ١٠٠° - وعلى تراب أضيف اليه قليل من الكلوروفورم - فلم تعد التربة قادرة على تثبيت الازوت نستنتج مما تقدم أن تثبيت الازوت سببه وجود كائنات حية في التربة ، أمكن استخراجها وزرعها ، كراجبيات (كلوستريديوم وآزوتوباكتر) التي تستطيع أن تثبت الازوت الجوي مباشرة ، وتستعمله في تركيب هيولاها . وبهذا تصبح التربة غنية بالازوت العضوي بفضل وجود هذه الراجبيات .

وتحتاج الراجبيات الى السكريات لتتمكن من تثبيت الازوت .

(٢) - بفضل راجبيات النباتات البقلية (القرنية) :

لوحظ منذ زمن بعيد أن الارض **التي تزرع بالنباتات البقلية يكثر آزوتها** ، فتفعل

النباتات البقلية هكذا فعل الاسمدة في انماء ثروة الارض الآزوتية . ولذا أدخلت في نباتات الدورات الزراعية .

وقد لوحظ أيضاً على جذور هذه النباتات المزروعة في الحقل ، تورمات صغيرة كروية الشكل تدعى العقد الآزوتية .

والعقـد الآزوتية هي بمثابة جـذير صغير ثخين ، ذلك لأننا نشاهد في مقطعه العرضي حزماً لحائية خشبية تحيط بمخ كبير تضخمت خلاياه لاحتوائه على راجبيات عديمة الحركة يبلغ طولها عدة صغيرات وعرضها صغير واحد ، تأخذ شكل حرف V أو Y وتدعى هذه الراجبيات العصيات الجذرية :

فهل هناك صلة ما بين الخاصة التي تقوم بها النباتات البقلية بتثبيت الآزوت الهوائي المتغلغل في التربة من جهة ، وبين وجود راجبيات العقد الآزوتية من جهة أخرى ، لقـد تبين ان الصلة وثيقة كما تبرهن على ذلك التجارب التالية :

تزرع بذرة أحد النباتات البقلية في تراب معقم بدرجة ١٠٠° ومجرد من كل مركب آزوتي ، فلا يلبث النبات الناتج منها أن يبدي علائم الاحتياج الشديد الى الآزوت ، فيقف نموه ويصفر ثم يموت . فاذا أضفنا الى هذا التراب ، تراباً من أرض عادية كانت مزروعة بنباتات بقلية ، وسقينا الجميع بالماء ، فان النبات الذي كان آخذاً بالموت ، ينتعش ويستعيد صفاته الطبيعية ، ثم ينمو على الرغم من تجرد أرضه من الآزوت ، وتظهر على جذوره في نفس الوقت ، العقد الآزوتية .

نستنتج مما تقدم أن العصيات الجذرية قامت بتركيب البروتيدات على وكس آزوت الهواء ، ثم تقوم الخلايا المتضخمة الموجودة في العقد الآزوتية ، بهضم العصيات ، بفضل خمائر تفرزها ، فتتغذى النباتات البقلية باشلائها الآزوتية .

وتقوم النباتات البقلية بتركيب السكاكر بفضل التركيب الضوئي ، وتعطي للراجبيات قسماً منها ، يساعدها على تركيب المواد الآزوتية .

وهكذا يجري بين النباتات البقلية ، وبين العصيات الجذرية تبادل بالمنفعة يدعى التعايش .

٢ً-**تحول الآزوت العضوي الى آزوت معدني** : يطرأ في التربة على المركبات العضوية الآزوتية الناتجة من جثث الحيوانات والنباتات (أي البروتيدات) ومن الفضلات الآزوتية كالبولة ، سلسلة تفاعلات تحطمها تدريجياً ، وتؤدي بها لتشكل النترات (الآزوت المعدني) .

وتمر هذه التفاعلات المتدرجة - التي يرجع مردها الى الجراثيم - في المراحل التالية :

آ - **التفسخ** : يطرأ على انقاض الحيوانات والنباتات ، وعلى فضلاتها الآزوتية تفسخ او اختمار تفسخي سببه العفنات والراجبيات ، فتتحول البروتيدات الى حموض امينية يصحبها تشكل غاز الكربون وأجسام ذات رائحة كريهة كغاز كبريت الهيدروجين والسكاتول . ويؤدي التفسخ الى تشكل الدبال .

ب - **النشدرة** : وتتحول الحوض الامينية ، والبولة الناتجة من البول ، الى املاح نشادرية . وتحدث هذه الظاهرة الهامة بتأثير العفنات كالعفن الابيض وبتأثير الراجبيات (كالمكورات البولية) . فالمكورات البولية مثلا تميه البولة وتحولها الى فحمات أمونيوم حسب التفاعل التالي :

$$CO\ (NH_2)_2 + 2\ H_2O \longrightarrow CO_3\ (NH_4)_2$$

كما تتحول الحموض الامينية بدورها الى املاح نشادرية .

جـ - **النترجة** : تتحول بفضلها الاملاح النشادرية الى نترات بتأثير النترجة كما تبين التجربة التالية :

اذا امررنا ببطء مياهاً نشادرية (ميـــاه المجاري العامة) في انبوب يحتوي على تراب زراعي مجرد من النترات ، فاننا نحصل بالنتيجة على نترات في قاعدته السفلى وتدعى هذه العملية بالنترجة . ولا يمكن ان تحدث النترجة اذا عقمنا التربة بحرارة ١٠٠° او اضفنا اليها قليلا من الكلوروفورم ، فالنترجة اذن ظاهرة يرجع مردها الى وجود كائنات حية هي راجبيات النترجة .

١ - **النترزة** : تتأكسد الاملاح النشادرية وتتحول الى حمض آزوتي بتأثيـــر راجبيات آزوتية مثال راجبية (نيتروزوموناس) . ثم يشكل حمض الآزوتي آزوتيت مع الاسس التي يصادفها في التربة .

٢ ــ النترتة : يتأكسد حمض الآزوتي والنتريت بدوره ، ويتحول إلى حمض الآزوت بتأثير راجبيات آزوتية مثال : راجبية (نتروباكتر) ، ويتحد حمض الآزوت مع الاسس في التربة ليعطي آزوتات (نترات) .

شروط تفاعلات النترجة :

١ ــ لايمكن الاستغناء عن الاكسجين ، لذا كان حرث الارض ضرورياً للزراعة.
٢ ــ يجب أن تكون الحرارة مرتفعة ، ويكون حدها الافضل من ٣٥° ــ ٤٠° .
٣ ــ يجب أن تكون الأرض ذات تفاعل أســــاسي لتعدل الحموض الناتجة لتشكل الاملاح . لذا تصلح الاراضي الحامضية باضافة الكلس .
٤ يجب أن تكون في حد معين من الرطوبة (١٠ ــ ١٥ ٪) ماء .

وتعتبر هذه الشروط كلها ضرورية لحياة الراجبيات

تحلل النترات : تتفكك النترات في التربة الكثيرة الرطوبة . وذات التهوية الناقصة ، وتتحول إلى حمض آزوتي فنشادر ثم إلى آزوت حر ينطلق ، ويكون ذلك بتأثير الراجبيات المحللة للنترات . لذا تعتبر هذه الراجبيات ضارة لانها تفقد الأرض من نتراتها.

تنفس النباتات

تتنفس النباتات كالحيوانات سواء كانت خضراء أم عديمة اليخضور ؛ فهي تمتص الاكسجين من الهواء وتطرح غاز بلا ماء الفحم . ويحدث التنفس باستمرار اثناء الليل والنهار .

١ ــ بيان الحادثة

يمكننا أن نوضح المبادلات الغازية التنفسية بسهولة باجراء التجربة التالية :

نضع في قارورة من الزجاج أعضاء نباتية حية أما مجردة من اليخضور (كتويجيات الازهار أو قطع من الجذر أو من البطاطا ، أو فطور الخ) وأما خضراء (على أن توضع في الظلام أو تخدر) ، ثم نسد القارورة سداً محكماً ونتركها عدة ساعات . ويمكننا أن نبين أنها امتصت الاكسجين وطرحت غاز بلا ماء الفحم كما يلي :

آ ــ **امتصاص الاكسجين** : إذا ادخلنا في القارورة عود ثقاب مشتعل فانه ينطفىء ، مما يدل على أن هذه الاعضاء النباتية قد امتصت اكسجين الهواء .

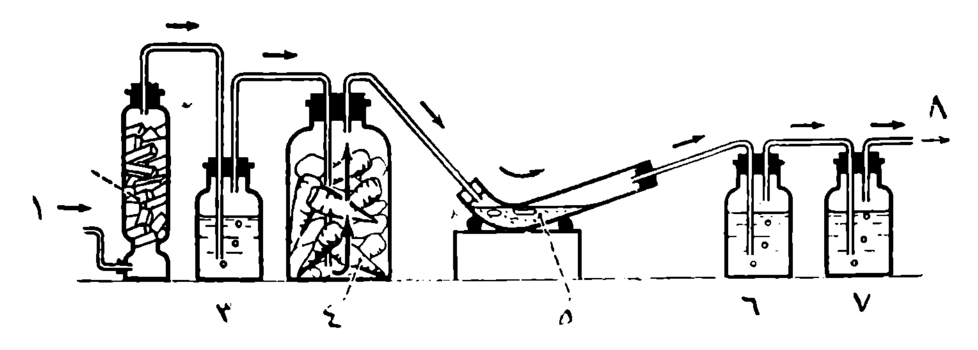
ب ــ **طرح غاز بلا ماء الفحم** : لنصب باعتناء قليلا من ماء الباريت (او ماء الكلس) داخل القارورة ، وعلى جدراها فنراه قد تعكر . ذلك لانه قد تشكل فيها كمية كبيرة من راسب فحمات الباريوم (او الكلسيوم) الذي يكشف لنا طرح غاز بلا ماء الفحم من الاعضاء النباتية .

٢ ــ الشدة التنفسية

ان التجارب السابقة هي وصفية فقط ، ولا يمكنها أن تبين الحادثة التنفسية من الناحية الكمية (أي الشدة التنفسية) التي يمكن ، تقديرها بقياس كمية المبادلات الغازية التنفسية .

آ ــ **تعريف الشدة التنفسية** : تقاس الشدة التنفسية بكمية الاكسجين التي يمتصها مقدار وحدة الوزن من النبات الجاف في وحدة الزمن ، أو تقاس بكمية غاز بلا ماء الفحم المنطلقة منه .

ب ــ **القياس** : ويستعمل لذلك عدة طرق :



شكل (٣٨) طريقة التيار الغازي المستمر

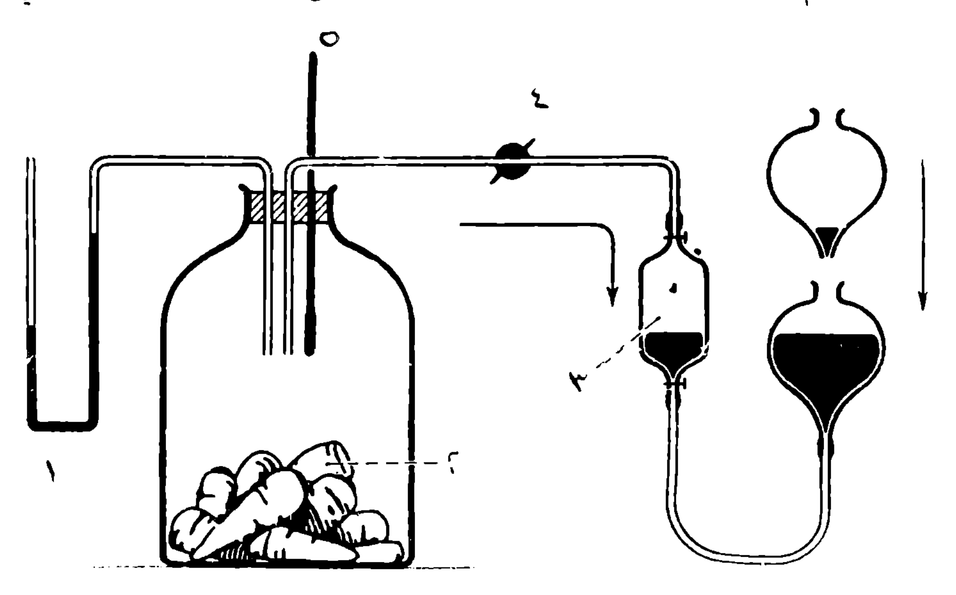
١ ــ هواء . ٢ ــ بوتاس . ٣ ــ القارورة الاولى . ٤ ــ جزر .
٥ ــ ماء الباريت . ٦ ــ القارورة الثانية . ٧ القارورة الثالثة ٨ ــ مضخة .

١ ــ **طريقة التيار الغازي المستمر** : يوضع نبات أو اعضـــاء نباتية ضمن قارورة (ويكون ذلك في الظلام إذا كان النبات أخضر) . وتجهز القارورة بمص مائي يستنشق الهواء منها فيسمح بمرور تيار مستمر في القارورة . ويجرد الهواء من غاز بلا ماء الفحم قبل دخوله بامراره في أنبوب يحتوي على بوتاس . أما الهواء الذي يخرج من القـــارورة الحاوية على النبات ، فيمرر في أنبوب طويل يحتوي على ماء الباريت المعاير ، وفيه يتم اتحاد غاز بـلا ماء الفحم – الذي يطرحـه النبات – مـع الباريت فيتشكل راسب من فحمات الباريوم حسب المعادلة :

$$Ba\,(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CO_3\,Ba + H_2O$$

ماء الباريت   غاز الفحم   فحمات الباريوم

وتنظم سرعـة تيار الهواء بشكل يتمكن معه البوتاس من تجريد الهواء من كافة غاز بلا ماء الفحم الموجود فيه قبل دخوله الى القارورة – وبشكل تتوقف معه كمية CO_2 التي



(شكل ٣٩) طريقة الهواء المحصور

١ ــ مقياس الضغط . ٢ . جزر . ٣ ــ هواء للفحص . ٤ ــ صنبور . ٥ ــ ميزان حرارة .

يطرحها النبات بكاملها بواسطة ماء الباريت الموجود في الانبوب الطويل . وللتأكد من خلو الهواء من غاز بلا ماء الفحم تماماً ، نمرره في قوارير فاحصة (ق١ ، ق٢ ، ق٣) تحتوي على ماء الباريت إذ يجب الا يتعكر ماء الباريت هذا بتأثير الهواء الذي يجتازه .

٢ — **طريقة الهواء المحصور** : إذا كان من محاسن الطريقة السابقة انها تحفظ النبات في شروطه الحيوية النظامية (ذلك لان الهواء يتجدد باستمرار ، فانها لاتسمح إلا بمعرفة كمية CO_2 المنطلقة . وأما حجم الاكسجين الممتص خلال نفس الوقت فيبقى مجهولاً .

أما طريقة الهواء المحصور ، فانها تساعد على قياس كامل المبادلات الغازية ، وسميت بذلك ، لان النبات يتنفس في مكان مغلق ذي حجم معلوم ، وخلال زمن معين ، بدون أن يتجدد الهواء .

ويحلل الهواء قبل بدء التجربة وبعدها بمعايرة غاز بلا ماء الفحم والاكسجين في ١٠٠ سم٣ من الهواء ، تؤخذ من المكان المغلق المذكور . الذي يتنفس ضمنه النبات، بفضل جهاز اخذ الغاز الذي يتصل به ، فالنسب المئوية الناتجة تساعد على حساب كميات CO_2 وO_2 التي يحويها هذا الهواء في بداية التجربة وبعدها . والفرق الناتج يقيس المبادلات

ويتم تحليل الغاز في الاوديوميتر Eudiométre بواسطة البوتاس الذي يمتص غاز بلاماء الفحم باستمرار — وبواسطة بيروغالات البوتاس أو الفسفور التي تمتص الاكيسجين .

ملاحظة : ان نتائج القياسات لاتكون صحيحة تماماً لان قسما من الاكسجين وغاز بلا ماء الفحم ينحلان في العصارة الخلوية — لذا يعمد الى طريقة القياس في الخلاء ، فيوضع النبات في مكان مفرغ من الهواء قبل التجربة وبعدها ، فتنطلق جميع الغازات المنحلة ، ويصبح القياس بعد ذلك مضبوطاً .

جـ — **تبدلات الشدة التنفسية** : تتبدل الشدة التنفسية بتأثير عوامل عديدة نخص بالذكر منها ما يلي :

١ — **تأثير درجة الحرارة**: تزداد الشدة التنفسية بازدياد درجة الحرارة ، فهي ضعيفة في درجة الصفر وتزداد حتى تبلغ حدها الاقصى في درجة (٤٥°) فقد تتضاعف قيمتها تقريباً

بارتفاع قدره (١٠°) درجات ، ثم تنخفض بسرعة حتى تنعدم بين الدرجتين (٥٠ — ٦٠°) بنتيجة تلف الهيولى وموتها .

٢ — **تأثير العمر والدور الانباتي** ان للشدة التنفسية في النباتات السنوية حداً أقصى في دورين : أحدهما في زمن انتاش البذرة ، والثاني ابان الازهــار . أما في النباتات المعمرة كالاشجار مثلا فيكون للشدة التنفسية ايضاً حدان أقصيان في كل سنة : الأول في زمن تفتح البراعم والثاني وقت الازهار .

ومن هنا نرى أن الشدة التنفسية ترتفع خلال الأدوار النشيطة من حيــاة النبــات ، لازدياد شدة الاحتراقات زيادة كبرى في النبات .

« وعندما يخضع النبات للجفاف ، فان الشدة التنفسية ، تنقص بصورة محسوسة . وكذلك فان الشدة التنفسية في البذور الناضجة لا تذكر ، لانها فقدت كثيراً من مائهــا بصورة طبيعية » .

٣ — حاصل القسمة التنفسي = ح . ت .

ان حاصل القسمة التنفسي هو نسبة حجم غاز بلا ماء الفحم الذي يطرحه نبات ما إلى حجم مولد الحموضة الذي يمتصه خلال فترة معينة من الزمن (ح . ت $= \frac{CO_2}{O_2}$ كما هو الحال في الحيوانات .

وتتعلق قيمة حاصل القسمة التنفسي بطبيعة المواد التي يتم احتراقها في الخلايا النبــاتية (التأكسدات الخـلوية) وفي الحقيقة ليست المبـــادلات الغـازية التي تميز التنفس إلا الظاهرات الخارجية لأفعال الاحتراق التي تجري باستمرار في جميع الخلايا النباتية الحية .

فاذا كانت المادة المحترقة (المؤكسدة) من السكريات فحاصل القسمة التنفسي يساوي الواحــــد . واذا كانت من الشحوم يكون (٠,٧) وأما إذا كانت البروتيدات فيساوي (٠,٨) .

وبصورة عامة يكون حاصل القسمة في الانسجة النباتية قريباً من الواحد ، مما يدل على أن مادة الاحتراق التنفسي هي بصورة أساسية من طبيعة سكرية .

إلا أن حاصل القسمة التنفسي في البذور الزيتية يساوي ٠,٧ عندما تنتش لأنها تستعمل

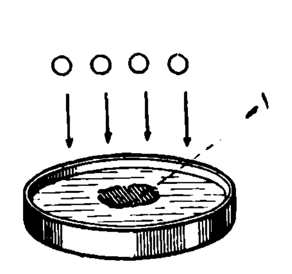
في التنفس المدخرات الشحمية التي تحويها . وأما احتراق البروتيدات في التنفس فهو غير نظامي ، لانه لايحدث إلا عندما يتجرد النبات برمته من السكريات (كما يحدث لنبات أخضر إذا بقي عدة أيام في الظلام مثلا) .

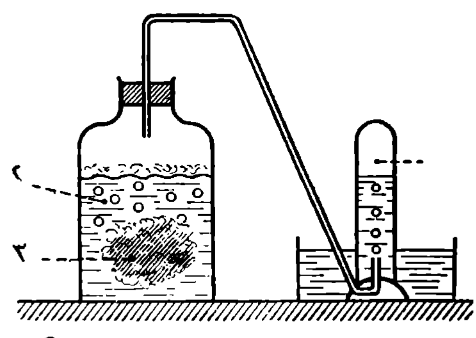
مقاومة الاختناق

التخمر الكحولي

عندما يوضع نبات في وسط خالٍ من الاكسيجين ، فانه لايموت حالا فيما إذا توفرت السكريات في هذا الوسط - فهو يحلل هذه المواد بعملية التخمر ، ويستدرك القدرة التي يحتاج اليها من التفاعلات الناشره للحرارة الناتجة عن هذا التحليل .

آ - تنفس وتخمر خميرة الجعة (البيرة) :





(شكل ٤٠)

(الى اليسار) : تنفس خميرة الجعة : ١ - خميرة الجعة في حالة النمو على سطح من الغلوكوز (الى اليمين : ٢ - محلول الغلوكوز ، ٣ - خميرة الجعة ، ٤ - CO_2 .

١ - التجربة الاولى : تزرع خميرة الجعة (وهي فطر مجهري) على سطح محلول من سكر العنب بتماس مع الهواء فتتكاثر الخميرة بنشاط وتتنفس بصورة نظامية ، وهـــذا يعني انها تؤكسد سكر العنب الذي تأخذه من الوسط الموجودة فيه باكسجين الهواء .

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \longrightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O + \text{٦٧٥ حريرة}$$

ويدعى هذا النمط من الحياة الذي يتميز بتنفس نظامي « الحياة الهوائية » Aérobiose وهو نمط الحياة العادية لاغلب النباتات .

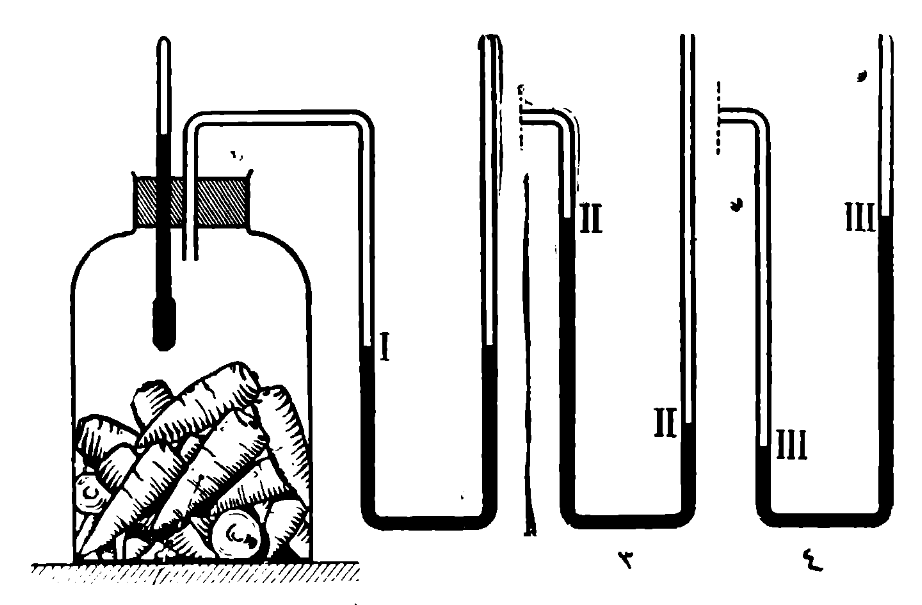
٢ – **التجربة الثانية** : إذا غمرنا الخميرة داخل محلول سكر العنب في وعاء مغلق ، فلا يحدث التنفس ، ومع ذلك فان الخميرة لاتموت ، ولكنها تتكاثر ببطء .

ونلاحظ أن غاز بلا ماء الفحم ينتشر بغزارة من المحلول بينما يظهر الكحول الايتيلي في هذا المحلول ويزول سكر العنب .

فخميرة الجعة عندما حرمت من الاكسجين حللت الغلوكوز وفق التفاعل الآتي :

$$C_6 H_{12} O_6 \longrightarrow 2\ C_2 H_5 OH + 2\ CO_2 + ٢٥$$ حريرة

ذلك هو التخمر الكحولي ، فتخريب الغلوكوز هنا ليس تاماً ، ولا ينتج عنه سوى



(شكل ٤١) اختمار الجزر

I – التجربة في بدئها II – المرحلة التنفسية (تناقص الضغط) III – الاختمار (ارتفاع الضغط)
١ – حرارة ثابتة ٢ – جزر ٣ – تنفس ٤ – اختمار

(٢٥) حررة ، فالتخمر الكحولي يميز الحياة اللاهوائية Anaérobiose « كحياة خميرة الجعة التي تكون بمعزل عن الاكسجين » .

ب - **التخمر في النباتات الراقية :** وإن تكن النباتات الراقية أقل مقاومة للاختناق من الخمائر ، فانه من الممكن أن تطرأ عليها تفاعلات تخمرية حين تكون بمعزل عن الاكسجين .

تجربة : نملأ قارورة بجذور غنية بالسكريات (كالشوندر والجزر) ونسد القارورة بسدادة يمر منها مقياس ضغط .

ففي بدء التجربة نلاحظ هبوط الضغط داخل القارورة ، نتيجة للتنفس وامتصاص الاكسجين الموجود فيها ، ذلك لأن معظم كمية غاز بلا ماء الفحم المنتشر قد بقيت منحلة في العصارة الفجوية ، ولم تستطع أن تعوض هذا الهبوط .

ثم يزداد الضغط في القارورة بصورة مستمرة لتراكم غاز بلا ماء الفحم ، بعد أن يزول الاكسجين بكامله منها ، وعندما نفتح القارورة تنتشر منها رائحة الكحول .

وخلاصة القول: ان الاعضاء النباتية في القارورة التي كانت بمعزل عن الاكسجين ، قد استمرت حياتها بتحويلها المادة السكرية الى كحول ، فيقال عندئذ بأنها تخمرت .

قبوب الأثمار (فرط النضج): ينجم قبوب الثمار عن تخمرها ، وذلك لان الاكسجين ينفذ بصعوبة الى مركز الثمرة (الكمثرى مثلا) فيبدأ التخمر في هذه المنطقة المركزية ، ويحصل نتيجة لذلك كحول واسترات تعطي للثمرة الناضجة رائحة زكية .

الاحتراقات التنفسية

تنفس أنسجة النبات : تتنفس كالانسجة الحيوانية ، ونطلق على هـذا الفعل اسم التنفس الخلوي، لان هذه المبادلات الغازية تتم داخل الخلايا نفسها ؛ واحتراق المواد بمولد الحموضة يولد قدرة يعقبها انتشار حرارة .

١ — الاحتراق : تكون التفاعلات الكيميائية ناشرة للحرارة ومولدة للقدرة ؛ قوام ذلك التحمضات أو الاحتراقات التي تصيب السكريات ، كسكر العنب النـاتج عن تميه النشا . وذلك الاحتراق التام يتم حسب المعادلة التالية :

$$C_6 H_{12} O_6 + 6 O_2 \longrightarrow 6 H_2O + 6 CO_2 + \text{٦٧٤ حريرة}$$

أما إذا كانت هذه الاحتراقات غير تامة تنتج عن ذلك حوامض عضوية مختلفة أهمـا حمض التفاح والليمون . . . الخ أما في الحبوب الزيتية فالاحتراقات تصيب المواد الدسمة عوضاً عن السكريات .

٢ — آليه الاحتراق : هنالك تفسيرات عديدة معقدة لآلية هذه الاحتراقات ، ونحن اليوم نعزوهـا الى خمائر خاصة تفرزها الخلايا ، هي الخمائر المحمضة (اوكسيداز) ؛ ولذا يعتبر التنفس حادثة مشتركة بين النبات والحيوان يتم في الهيولى الحية .

٣ — نتائج الاحتراق ينتج عن ذلك نتيجتان أساسيتان :

آ — ضياع قسم كبير من الفحم الذي يتحول الى بلا ماء الفحم منطلقاً بالزفـير ، ويستعيض النبات عن هذا الفحم المفقود ، بالفحم الناتج عن التمثل اليخضوري .

ب — توليد قدرة لهيولى الخلية ، ويتمثل قسم من هذه القدرة بالحرارة النباتية .

٤ — الحرارة النباتية : تنشر النباتات في بعض أدوار حياتها ، كمية محسوسة من الحرارة ، وقد أمكن قياس درجة حرارة النباتات بالمقـاييس الحساسة أو بالابر الحرارية الكهربائية . وقد وجد أن النباتات السنوية تطلق حرارة أثناء الانتاش والازهار . ويكفي لاثبات ذلك ان ندفن مقياس حرارة زئبقي في حبوب اثناء الانتاش فنشاهد صعود الزئبق دالاً على ارتفاع درجة الحرارة . وقد يبلغ هذا الارتفاع ، بالنسبة لمقياس آخر مغمور في شاهدة مخدرة بكلور النمل ، (٥ — ١٠) درجات .

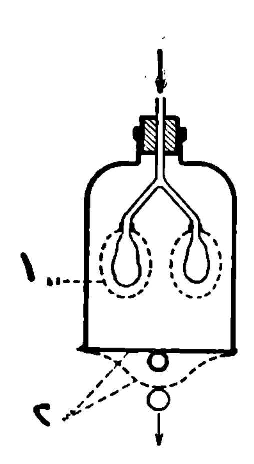
التنفس في الانسان

ندرس أولاً الحادثات الآلية التي يتم بموجبها دخول الهواء الى الرئتين وخروجه منها ثم الحادثات الفيزيا كيميائية التي تتم بموجبها المبادلات الغازية بين الهواء والدم .

١ — الحادثات الاولية

التهوية الرئوية : يتجدد هواء الرئتين باستمرار بفضل حركات التنفس المنتظمة التي تشتمل على شهيق يستدعي الهواء الى الرئتين وزفير يطرد الهواء منها .

تجربة : لنأخذنا قوساً زجاجياً سدت قاعدته بصفيحة من المطاط . ولنسد فوهته بسدادة يجتازها انبوب يحمل كرة من المطاط (بالون) . إذا جذبنا صفيحة المطاط الى الاسفل لاحظنا أن كرة المطاط تنتفخ . وإذا تركناها عادت كرة المطاط كما كانت . وتعليل ذلك أن الهواء المحصور في الناقوس يخضع لقانون ماريوط فحين نجذب صفيحة المطاط يزيد حجمه فينقص ضغطه وتتمدد جدران الكرة متسمة فتستدعي الهواء الخارجي ليملأها . ومتى عادت الصفيحة ينقص الحجم فيزداد الضغط على كرة المطاط فتفرغ قسماً من هوائها .



إذا شبهنا القفص الصدري والرئتين مع مجاريها الهوائيـــة

(شكل ٤٢) جهاز يبين آلية التهوية الرئوية
١ — كرة مطاط ٢ — صفيحة مطاط

والحجاب الحاجز بأقسام الجهـاز في التجربة السابقة وجـدنا تعليلاً واضحاً لآلية الشهيق والزفير . وهـكذا فحركات الرئتين تنتج من تبدل حجم القفص الصدري لا من فعل خاص بها .

الشهيق : يزيد حجم الصدر بسبب : أ — تقلص عضلة الحجاب الحاجز التي تنخفض الى الاسفل دافعة معها الاحشاء .

ب — تقلص العضلات الرافعة للاضلاع فتقومها وتدفع القفص الى الامام .

فتزداد أقطار الصدر من كافة جهاته ويخف الضغط فيه فتتمدد الرئتان وتجذبان الهواء الخارجي فيدخل اليها مقدار نصف لتر من الهواء .

الزفير : يصغر حجم الصدر بسبب :

أ ـــ ارتخاء عضلة الحجاب الحاجز التي ترتفع وتتحدب .

ب ـــ بارتخاء العضلات الشهيقية فتهبط الاضلاع ويعود القص إلى الوراء .

فتصغر أقطار الصدر جميعاً ويزداد الضغط على الرئتين فتفرغان قسماً من هوائهما بقدر نصف ليتر ايضاً .

ونسمي كمية الهواء التي تتمدد في كل حركة تنفسية عادية بالهواء الجاري (نصف لتر).

تواتر الحركات التنفسية : يبلغ عدد الحركات التنفسية العادية ١٥ ـــ ١٦ ٪ دقيقة فتكون مدة كل حركة أربعة ثواني يستغرق الشهيق ثلثها والزفير ثلثيها ، ويتغير عـــــدد الحركات بحسب السن والجنس والقامة وحالة الجسم ، ويمر تبعاً لذلك في الرئتين نحو عشرة آلاف لتر هواء يومياً .

الحركات التنفسية القسرية : ان الحركات التنفسية العادية لا إرادية إذ لا يمكن ايقافها أو تغييرها ، وتستطيع الارادة تغيير سمة هذه الحركات فتطيل مدتها واتساعها فتسمى حينئذ حركات قسرية .

الزفير القسري : بالاضافة إلى عوامل الشهيق العادي تتقلص عضلات أخرى في العنق والصدر ليزداد اتساع القفص الصدري زيادة هامـة فتدخل في الرئتين كمية اضـافية على الهواء الجاري تسمى الهواء المتمم وتقدر بلتر ونصف .

الزفير القسري : ترتخي سائر العضلات الشهقية وتعمل العضلات الخافضة للأضلاع ، وعضلات البطن في انقاص حجم الصدر إلى أصغر حد ممكن فتخرج من الرئتين كمية من الهـــــواء تقدر بـ ١٫٥ لتر تدعى الهواء الاحتيـاطي ، ولا يمكن لأشـد زفير أن يفرغ الرئتين تمامـــاً إذ يبقى كمية لا تخرج أبداً بل تتجدد وتقـدر بـ ١٫٥ لتر تسمى الهواء الباقي .

السعة الرئوية : تبلغ سعة الرئتين في انسان كهل خمس ليترات هي : نصف لتر جاري، لتر ونصف متمم ، لتر ونصف احتياطي ، لتر ونصف باقي ويطلق اسم السعة الحيوية على كمية الهواء التي تتجدد بالحركات العادية والقسرية أي ٣٫٥ لتر (جاري، متمم، احتياطي)

الاصوات التنفسية : يحدث مرور الهواء في الرئتين صوتين خاصين نسمعها بالاصغاء : صوتاً أولاً ناعماً يرافق الشهيق وينجم عن انفتاح الاسناخ ومرور الهواء في الاقسام الضيقة من التفرعات القصبية إلى الحويصلات . وصوتاً خشناً عن مرور الهواء الزفير من المزمار الضيق، وتبدل الحالات المرضية في هذه الاصوات فتصبح بشكل خراخر أو غطيط أو صفير أو نفحات ، ونذكر أخيراً أن السعال والعطاس والتثاؤب والتنهد هي حركات تنفسية مفاجئة خاصة .

« — الحادثات الفيزيا كيميائية »

وتشمل دراسة المبادلات الغازية بين الهواء والدم في الرئتين (الاستدماء) والمبادلات بين الدم والنسج (تنفس الانسجة) ، وتتم هذه المبادلات وفقاً لقانوني الحلول والانفصال وقد عرفنا الحلول سابقاً وندرس قانون الانفصال :

الانفصال : ان المركبات غير الثابتة تتفكك أو تعيد تركيبها بسبب تباين الضغط الواقع عليها من الغاز ، وتفسر التجربة التالية هذا القانون :

لنضع في اناء محلولاً من ثاني فحمات الكلسيوم ولنغطيه بناقوس مجرد هواؤه من غاز الفحم فيلاحظ تحلل ثاني الفحمات الى فحمات كلسيوم وغاز فحم ينطلق في الناقوس ، ولو أدخلنا كمية زائدة من غاز الفحم في الناقوس لوجدنا من جديد تكون ثاني فحمات الكلسيوم ، حسب التفاعل التالي :

$$(CO3)_2CaH_2 \leftarrow CO3Ca + CO_2 + H_2O$$

→ ضغط غاز الفحم المنخفض

ضغط الاكسجين زائد

وكذلك : خضاب مرجع + اكسجين ← حمض الخضاب

→ ضغط الاكسجين منخفض

الاستدماء : ١ — يحوي هواء الاسناخ قليلاً من غاز الفحم (٥٪ بضغط ٤سم زئبق) ويحوي الدم العاتم (٥،٥ — ٦ ٪ بضغط ٤،٦ سم) فحسب قوانين الحلول والانفصال يمر غـاز الفحم المنحل في المصورة عبر الغشاء الرقيق . ثم تتفكك ثاني فحمات وفصفو فحمات الصوديوم محررة غاز الفحم كما يتفكك فحم الخضاب ويعتقد أن خلايا الرئة مفرزات خاصة تفكك ثاني الفحمات ، وهكذا يتحرر الدم من قسم عظيم من غـاز الفحم ينطلق الى هواء الاسناخ .

٢ — يحوي هواء الاسناخ كثيراً من مولد الحموضة (١٦ ٪ بضغط ١٢ سم زئبق) ويحوي الدم العاتم (٣٪ بضغط ٢،٥ سم) لذا يمر الاكسجين عبر الغشاء الرقيق من الاسناخ الى الدم فينحل في المصورة أولاً ثم يتحد بالخضاب فيكون حمض الخضاب الأحمر القاني . وهكذا يكتسب الدم مولد الحموضة وتصبح نسبة هذا الغاز ١٣ ٪

لهذا يختلف تركيب هواء الشهيق عن هواء الزفير ، ونقول بأن الهواء بمروره على الرئتين وخروجه منها قـد خسر الاكسجين واكتسب غاز الفحم الذي يثبت وجوده حين ننفخ في رائق الكلس .

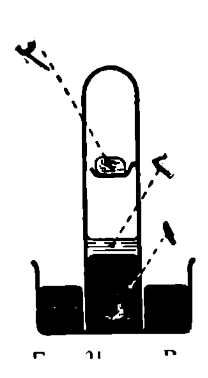
كما يختلف تركيب الدم العـاتم عن الدم القاني، ونقول بأن الدم بمروره على الرئتين وخروجه منها قد اكتسب مولد الحموضة وخسر غاز الفحم .

تنفس الانسجة : ليس ما حصل في الرئتين سوى مظاهر حادثة التنفس إذ الغاية هي ايصال مولد الحموضة إلى النسج ليتم حرق الأغـــذية ، فحادثات التنفس الحقيقية تتم في حذاء النسج التي تخلص الدم مولد الحموضة وتطرح فيه غاز الفحم الناتج عن الاحتراق .

تجربة : لنضع قطعة لحم في أنبوب وننكسه على حوض فيه زئبق يعلوه قليل من رائق الكلس . فنلاحظ بعد مدة تعكر رائق الكلس وارتفاع الزئبق في الانبوب مما يدل على أن قطعة اللحم قد امتصت مولد الحموضة واطلقت غاز الفحم الذي جمعه رائق الكلس ، ونجم عن ذلك فراغ استدعى ارتفاع الزئبق .

تجربة : لنضع قطعة لحم في وعاء فيه دم قانيء ولنحركها فيه مدة فنشاهد أن الدم أصبح عاتماً لأن قطعة اللحم قد امتصت قسماً من مولد حموضته وقد كررت التجارب على مختلف النسج فعرف أن النسيج العضلي هو أكثر استهلاكاً لمولد الحموضة يليه النسيج العصبي فالغدي فالعظمي . كما عرف أن العضو العامل يستهلك كمية أوفر من مولد الحموضة .

أما آلية المبادلات بين الدم والنسج فتفسر ايضاً وفق قانوني الحلول والانفصال .



(شكل ٤٣) تنفس الانسجة - تجربة بول بير ١ - زئبق ٢ - محلول البوتاس ٣ - قطعة عضلة.

فعند وصول الدم القانيء إلى الشعريات حول النسج المفتقرة إلى مولد الحموضة يمر المنحل في المصورة ثم يتفكك حمض الخضاب محرراً الاكسجين ويصبح خضاباً مرجعاً بلون عاتم . فتستهلك النسج مولد الحموضة مباشرة في حرق الغذاء وتنتج عن الاحتراق قدرة هامة تلزم للقيام بالأفعال الحيوية جميعاً ، كما ينتج غاز الفحم الذي تزداد كميته تدريجياً فيمر الى الدم وينحل في المصورة أولاً ثم يتحد مع الاملاح مشكلاً فحمات وفصفو فحمات الصوديوم كما قد يتحد مع الخضاب مشكلاً فحم الخضاب .

وهكذا يخسر الدم في حذاء النسج قسماً كبيراً من مولد الحموضة ويكتسب غاز الفحم فيعود الى القلب ثم الى الرئتين ليبدأ استدماء جديد .

الاحتراقات التنفسية : نستنتج من كل ما سبق أن :

١ — لايشترك الآزوت في التنفس .

٢ — لايتحول نفس الحجم من مولد الحموضة إلى غاز الفحم فنحن نستنشق خمسة التار من مولد الحموضة بينما نزفر أربعة التار من غاز الفحم ، مع العلم ان تكوين لتر من غاز الفحم يحتاج الى لتر فقط من مولد الحموضة مما يدل أن قسماً من مولد الحموضة يستخدم لحرق عناصر أخرى غير الفحم ، والحقيقة أن في هواء الزفير كمية من بخار الماء نتجت ايضاً عن الاحتراقات التنفسية ، ونحن نطلق حوالي ٤٠٠ غ بخار ماء يومياً ، وينتج عن

هذا الاحتراق كمية من الحرارة تكون منشأ للقدرة العضلية ، كما تتشكل فضلات يلزم طرحها .

شدة التنفس : هي كمية مولد الحموضة المستنشق أو غاز الفحم المزفور خلال زمن معين. وتتغير هذه الكمية تبعاً لحالة الجسم فتزيد حين العمل العضلي خاصة ، كما تزيد عند الاطفال فينشط التنفس ليزيد الاحتراقات التي تعوض للطفل عما يخسر من حرارته بالاشعاع.

حاصل القسمة التنفسي : هو النسبة $\frac{CO_2}{O_2}$ ولا علاقة له بشدة التنفس بل يتأثر بنوع المواد المحترقة في الخلايا حين التنفس ، فحين يقتصر الغذاء على ماءات الفحم تكون النسبة ١ حيث يستعمل مولد الحموضة لحرق الفحم فقط .

اما إذا كان الغذاء دسماً فالنسبة تهبط الى ٠٫٧ وتصبح ٠٫٨ في استهلاك الآحيات . ذلك لأن قسماً من مولد الحموضة يستعمل لحرق الهيدروجين وأكسدة الآزوت .

دور الخمائر في التنفس : ان حادثات الاحتراق التي تتم بالتنفس ليست تفاعلات بسيطة لأنها تتم في البدن في درجة ٣٨° فقط بينما تحتاج نفس التفاعلات الى درجات أعلى بكثير لو تمت خارج البدن . والحقيقة ان التفاعل المجمل التالي .

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

لا يمثل إلا المرحلة البدائية والنهائية من سلسلة التفاعلات . إذ تتدخل خمائر مؤكسدة خاصة تحمل مولد الحموضة فتثبته على المواد القابلة للتأكسد ويسهل بذلك حدوث التفاعلات في درجة منخفضة .

وأخيراً فالتنفس الجلدي الذي تكون له أهمية كبيرة في بعض الحيوانات ، ضعيف الشأن عند الانسان بسبب ضآلة سطحه بالنسبة لسطح الرئتين فبينما تنشر الرئتان ٩٠٠ غ من غاز الفحم يومياً ينشر الجلد تسعة غرامات فقط .

اختلالات التنفس

« الاختناق »

التنفس وظيفة لا حياة بدونها ويفضي وقوفها إلى الموت اختناقاً .

كمية الهواء اللازمة لادامة الحياة : رأينا أن الانسان يدخل في كل شهيق نصف ليتر من الهواء الى رئتيه ، فاستناداً الى هـذا الاساس والى أن الانسـان يقوم بـ ١٥ شهيقاً في الدقيقة تكون كمية الهواء الضرورية لحياة الانسان في أربع وعشرين ساعة ١٠٨٠٠ ليتراً منها ٢٢٦٨ ليـتراً من مولد الحموضة تقريباً فتكفي عشرة امتـار مكعبة من الهواء الطلق لتنفس انسان في أربع وعشرين ساعة . ولا تكفي هذه الكمية متى كان الهواء محصوراً .

شروط هواء التنفس . — لكي يكون الهواء صالحاً للتنفس يجب :

١ — **ان** يحتوي على حد أدنى من مولد الحموضة ، فاذا وضعنا طائراً تحت ناقوس فيه هواء وتركناه تحته فانه يعيش مدة ثم يضطرب ويموت . فاذا حللنا هواء الناقوس بعـد موت الطائر وجدنا أنه لا يزال يحتوي على مولد حموضة بنسبة ٤ ٪ فالطائر مات قبـل أن يستهلك كامل مولد الحموضة . أما الانسان فانه أقل تحملاً من الطائر إذ يضطرب متى بلغت نسبة مولد الحموضة في الهواء ١٦ ٪ ويموت متى بلغت ٨ ٪ .

٢ — **ان** لايحتوي على كثير من غاز الفحم . ويعتبر الهواء فاسداً متى كانت نسبة هذا الغاز فيه ١ / ١٠٠٠ ويصبح خطراً متى بلغت النسبة $\frac{٥}{١٠٠٠}$ ويميت اذا بلغت النسبة ٥٪ اذ يمنع الغاز بهذه النسبة انطلاق بلا ماء الفحم المنحل في المصورة من الرئتين ، كما يحول دون تحلل الفحمات الحامضة والفصفو فحمات فلا يتنقى الدم في الرئتين بل يبقى عاتماً .

الاختناق : يطلق اسم الاختناق على الموت الحادث من اختلال التنفس سواء كان ذلك من فقد مولد الحموضة أو من زيادة بلا ماء الفحم وأهم اسباب هذا الاختلال تنفس الهواء المحصور .

الهواء الفاسد او المحصور : هو الهواء الذي يملأ مكاناً مغلقاً : كغرفة مغلقة او قاعة

درس أو قاعة صور متحركة (سينما) والخ ... إذ أن التنفس في مكان مغلق يفسد الهواء بسرعة ويبدل تركيبه فيقل فيه مولد الحموضة ويكثر بلا ماء الفحم . فاذا اجتمع عدد من الاشخاص في مكان مغلق واحد ، كان فساد الهواء أسرع وأشد . وتزيد في فساد الهواء الغازات الاخرى التي ينتجها الانسان من عرقه ورئتيه وأنبوب هضمه الخ . فتصبح للهواء المحصور رائحة كريهة يشعر بها الداخل وجأة الى مكان حافل بالاشخاص .. وان العيش في مثل هذه الامكنة يفسد الصحة تدريجياً فيحدث فاقة دم ويضعف مقاومة البدن الذي يصبح فريسة سائغة لشتى أنواع الجراثيم خاصة لجراثيم السل . واذا كان فساد الهواء كبيراً فان البقاء فيه ولو بضع ساعات يصبح خطراً قاتلا كما يحدث في المعتقلات حيث يحشر عدد كبير من الاشخاص في غرفة ضيقة واحدة وما شابه .

وتجتنب أخطار الهواء المحصور بالسكنى في قاعات كافية الاتساع. وتبنى كفاية الاتساع هذه لا على معرفة كمية مولد الحموضة الضرورية في ٢٤ ساعة فقط ، بل وعلى معرفة كمية بلا ماء الفحم المنطلق . فالانسان يطلق في ساعة واحدة عشرين لتراً من بلا ماء الفحم تقريباً، فاذا فرضنا أنه يبقى في غرفة نومه ثماني ساعات فانه يطلق فيها ١٦٠ ليتراً من هذا الغاز ، فلكي يبقى هواؤها صالحاً للتنفس وتبقى نسبة بلا ماء الفحم فيه أدنى من ١ بالالف يجب أن يكون حجمها ١٦٠ متراً مكعباً على الاقل . بيد أن هذه الحجوم صعبة التحقيق في الممارسة وليست ضرورية تماماً لان الغرفة لا تنغلق انغلاقاً تاماً بل تبقى فيها ثقوب كشقوق الابواب والنوافذ والمداخن الخ .. تجدد قسماً من هوائها . فلذا يعتبر الحجم الادنى لغرفة تتسع لشخص واحد ثلاثين متراً مكعباً فقط على أن تضمن التهوية فيها ويجتنب سد شقوقها في الشتاء .

اسباب الاختناق الاخرى ـ الهواء المخلخل : متى ارتفعنا في الهواء سواء بتسلق الجبال أو بامتطاء الطيارات والمناطيد : فاننا نشعر متى بلغنا حداً معيناً من الارتفاع بانزعاج خاص ناجم عن نقص مولد الحموضة في الهواء ؛ إذ يخف ضغط الجو بالارتفاع فيبلغ مثلا في ارتفاع ٥٠٠٠ متر نصف الضغط الجوي المعتاد على سطح البحر ، فينتج عن ذلك نقص وزن ليتر الهواء إلى النصف وبالتالي نقص كمية مولد الحموضة فيه الى النصف ايضاً مما

يجعله غير صالح للتنفس . ويصاب الانسان في ارتفاع ٣٥٠٠ متر حيث الضغط ٥٠ سم من الزئبق ، بصداع ودوار مع انزعاج في التنفس ودعث يتلوه قيء واسهال ورعاف ثم سـدر وسبات الخ .. ويطلق على هذه الاعراض كلها اسم داء الجبال وتفضي الى الموت متى هبط الضغط إلى أدنى من ذلك . أما ضغط ١٢ سم فيميت حالا . ونطلق اسم داء الطيـارين على أعراض مماثلة تظهر في أرتفاع أعلى من ٣٥٠٠ متر لان الطيار مستريح لا يبذل أي مجهود عضلي . ويجتنب داء الجبال باستنشاق مولد الحموضـة من أجهزة خاصة او باكثار المحطات التي تعود جسم الانسان تدريجياً على تحمل الارتفاع . وهكذا يستطيع سكان هضبة التبت في الصين وسكان جبال الكورديلير والآند في اميركا ان يعيشوا في قرى يبلغ ارتفاعها ٤٠٠٠ أو ٩٥٠٠ متر .

تأثير الهواء المضغوط : يحتاج العمال أحياناً إلى العمل تحت الماء . فينزلون إلى مكان العمل في صناديق خاصة يطرد منها الماء بالهواء المضغوط . فيتحملون تأثير الهواء المضغوط ضغطاً شديداً بسهولة تامة ولكنهم يصابون باعراض مميتة إذا خفف عنهم الضغط فجأة كأن يرفع الصندوق بسرعة وتبدأ هذه الاعراض بطنين في الأذنين ثم ينبثق غشاء الطبل يحدث القيء ويلي ذلك شلل في الطرفين السفليين ثم غشي يعقبه الموت ، وقد أصبحت الجملة التالية «تدفع الاجرة عند الخروج » مثلا سائراً عند هؤلاء العمال والسبب في هذه الاعراض الصمامـة الغازية . إذ يحل دم الانسان واخلاطه بتأثير زيادة الضغط كميات كبيرة من الهواء كما يحل ماء سلتز تحت الضغط كمية كبيرة من غاز الفحم فاذا خفضنا الضغط فجأة اندفعت الفقاعات الغازية من الدم كما تندفع من محلول سلتز عندما يرفع عنه الضغط . وتجتمع الفقاعات الغازية في الاوعية وتكون فقاعة كبيرة (صمامة) تسد الشعريات وتوقف الدوران فتحدث الموت . وتجتنب هذه العوارض بالصعود البطيء الذي يخفف الضغط تدريجياً ويمكن الفقاعات من الانطلاق بالرئتين كلما تكونت . وقد حددت سرعة اخراج العمال من قيعان البحار بقوانين خاصة ، كما حدد العمل في هذه الشروط فلا تزيد مدته على أربع ساعات في اليوم . وأقصى ما يتحمله الانسان من ضغط الهواء عشرة ضغوط نسيمية (أي ضغطان نسيميان من مولد

الحموضة) . وينقلب مولد الحموضة ، متى أصبح ضغط الهواء ١٧ ضغطاً نسيمياً ، سماً زعافاً يفعل كالستريكنين لانه يحدث حينئذ مثله تقلصات عضلية شديدة .

الاختناق بانسداد مجاري التنفس : تنسد الرغامى في الخنق والشنق كما تمتلىء مجاري التنفس بالماء في الغرق ، لذا يحدث الموت في هذه الحالات سريعاً في مدة لاتجوز خمس دقائق لانقطاع ورود مولد الحموضة الى الرئتين .

الانسمام بالغازات السامة ـ حمض الفحم CO : حمض الفحم غاز لا لون له ولا رائحة لذا يصعب الشعور بوجوده . وقد رأينا في بحث الدوران انه يكون مع خضاب الدم مركباً ثابتاً وخضاب الدم المفحم لاينفع في التنفس ، وتعتبر كل كرية حمراء اصابها حمض الفحم كرية مفقودة . ومتى بلغت نسبة حمض الفحم في الهواء $\frac{١}{٨٠٠}$ اتلف نصف الكريات الحمر في نصف ساعة ، وهو خطر متى كانت نسبته $\frac{٥}{١٠٠٠}$ وضار متى كانت نسبته $\frac{١}{١٠٠٠}$ ، خاصة في الاشخاص الذين يعيشون في مثل هذا الوسط ٨ — ١٠ ساعات متوالية .

ويصادف حمض الفحم في غاز الاستصباح بنسبة ١٠ ٪ لذا كان تسرب هذا الغاز من الانابيب شديد الخطر ، ويصادف ايضاً في كل مرة يحترق فيها الفحم احتراقاً ناقصاً أو احتراقاً بطيئاً ، واخطار مناقل الفحم اشهر من ان تذكر في بلادنا وضحاياها عديدة وإذا اشعل الفحم في مواقد سيئة التهوية انتشر اكسيد الكربون الى الغرف واثر في سكانها . وينتشر هذا الغاز في مرائب السيارات حيث يحتوي دخان المحركات على كميات كبيرة منه. كما ينتشر ايضاً في قاعات التدخين حيث ينتشر من كل خمسين غراماً من الطباق ليتران من حمض الفحم . لذا يحدث الطباق في مدمني التدخين فقر دم يدعى فقر دم المدخنين .

وهناك غازات سامة أخرى أقل تصادفاً من حمض الفحم ككبريت الهيدروجين وغاز الكلور والايبيريت والفوسجين والخ.. تتلف كلها نسيج الرئتين وتفضي الى الانسمام السريع . وينتشر كبريت الهيدروجين (حامض كبريت الماء) من المراحيض والمجارير العامة السيئة التهوية ، وقد يجتمع في جيوب تنبثق فجأة فتقتل من بجوارها في الحال .

الحرارة الحيوانية

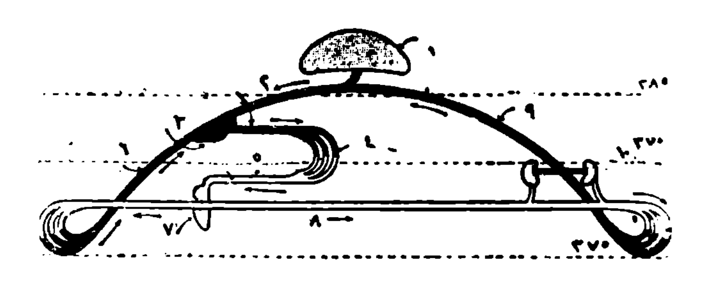
توليد الحرارة : تنشر كافة الحيوانات حرارة بفضل الاحتراقات التي تتم في انسجتها، بيد ان كمية الحرارة المنتشرة تختلف بحسب الانواع: فهي قليلة في اللافقاريات وفي الفقريات الدنيا (الاسماك والضفادع والزواحف) ، كثيرة في الفقريات العليا كالطيور والثدييات . أما حرارة الانسان فهي ثابتة تفوق في الغالب حرارة المحيط وتتراوح بين ٣٦٫٥ و ٣٧ درجة .

قياس الحرارة: تقاس الحرارة في الانسان والحيوانات إما بمقياس حرارة طبي (محرار) حساس ، أو بواسطة مسبار حراري كهربائي . وندرج فيما يلي بعض نتائج القياس بهذا المسبار الاخير .

أ ــ دم القلب الايسر أبرد من دم القلب الايمن بـ ٠٫٢ من الدرجة ويؤيد ذلك ما ذكرناه من ان الدم يبرد بتماس الرئتين بفعل الاستبخار .

ب ــ حرارة الدم في الشرايين ثابتة لا تهبط إلا في المحيط (الجلد) .

ج ــ تتزايد حرارة الدم في الوريد الاجوف السفلي من منشئه حتى وصوله الى الحجاب الحاجز ثم تثبت ، وتكون حرارة الدم تحت الكليتين واحدة سواء في الوتين أم في الاجوف السفلي



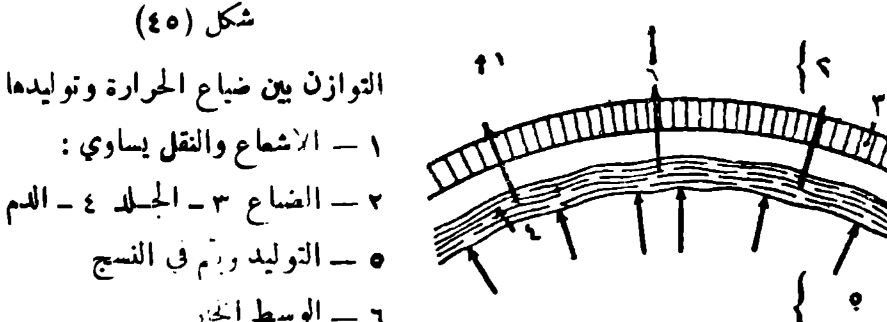
(شكل ٤٤)

درجات الحرارة في مناطق جهاز الدوران المختلفة
١ـ الكبد ٢ـ الشريان الرئوي ٣ـ القلب الأيمن ٤ـ الرئة ٥ ـ الوريد الرئوي ٦ـ الوريد الاجوف السفلي ٧ ـ القلب الايسر ٨ ـ الوتين ٩ـ الوريد الاجوف السفلي ١٠ ـ الكلية

وتتباين فوقها فتزيد حرارة الدم الوريدي على حرارة الدم الشرياني . ويسهل تعليل ذلك إذا عرفنا ان الاوردة فوق الكبد تصب في الوريد الاجوف السفلي في حذاء الحجـــاب الحاجز فتأتي بدم الكبد الحار والكبد أسخن عضو من أعضاء البدن إذ تبلغ حرارتهـا ٣٨٫٥ درجة نظراً لشدة الاحتراقات فيها .

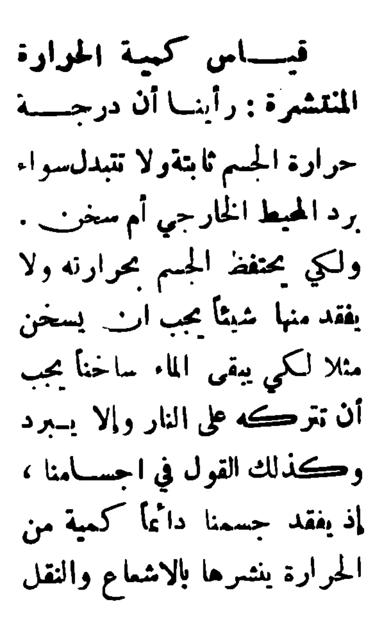
د ــ الحرارة المتوسطة في الانسجة المختلفة متساوية تقريباً إلا في نسج المحيط حيث تهبط

هـ ــ اسخن الاعضاء التي يتم فيها اكبر عدد ممكن من الاحتراقات الكبد ٣٨٫٥ لذا تكون الاعضاء العاملة اسخن من الاعضاء المستريحة .

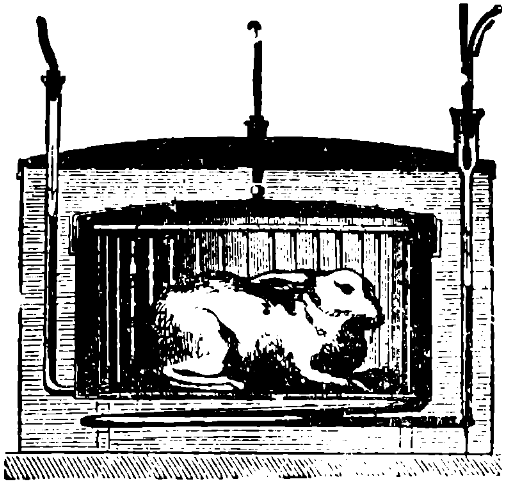


شكل (٤٥)

التوازن بين ضياع الحرارة وتوليدها
١ ــ الاشعاع والنقل يساوي :
٢ ــ الضياع ٣ ـ الجلد ٤ ـ الدم
٥ ــ التوليد ويتم في النسج
٦ ــ الوسط الخارجي



قيـــاس كمية الحرارة المنتشرة : رأينـا أن درجـــة حرارة الجسم ثابتة ولا تتبدل سواء برد المحيط الخارجي أم سخن . ولكي يحتفظ الجسم بحرارته ولا يفقد منها شيئاً يجب ان يسخن مثلا لكي يبقى الماء ساخناً يجب أن نتركه على النار وإلا يـبرد وكذلك القول في اجسـامنا ، إذ يفقد جسمنا دائماً كمية من الحرارة ينشرها بالاشعاع والنقل



شكل (٤٦) مسعار مائي

فيبرد الدم في حذاء سطح الجلد باستمرار . ولتعويض هذه الخسارة وحفظ الحرارة ثابتة يجب أن تتولد في باطن البدن كمية من الحرارة تساوي الكمية المنتشرة . ويقيس المحرار درجة الحرارة في مناطق البدن المختلفة ولكنه لايقيس كمية الحرارة الحاصلة ، لذا يستعمل لقياس هذه المسعار وتقدر قيمتها بالحرات (والحرة الف حريرة وهي كمية الحرارة اللازمة لتسخين كيلو غرام واحد من الماء درجة واحدة) .

الحرارة المنتشرة : وجد بواسطة مقاييس خاصة تدعى المساعر إن الانسان المستريح العائش في وسط حرارته ١٦ درجة ينشر في ٢٤ ساعة ٢٣٠٠ - ٢٤٠٠ حريرة تقريباً ، وينشر متى قام بعمل ٤٠٠٠ — ٥٠٠٠ حريرة ، فيرافق كل عمل عضلي انتشار حرارة اضافية كما تسخن كل عضلة عاملة، ولطالما شعرنا بالدفيء اثناء التمارين الرياضية . وقد رأينا أن القدرة المتولدة في العضلات العاملة لاتنقلب كلها إلى عمل انما يبقى منها قسم يتجلى بشكل حرارة ، يستعملها الانسان في حفظ حرارته ، فالحرارة إذاً فضلة من فضلات القـــدرة في البدن .

منشأ الحرارة : تنشأ الحرارة من احتراق الاغذية في النسج.قد ذكرنا في بحث التنفس عدد الحريرات التي تنتشر من احتراق غرام واحد من كل نوع من أنواع الاغذية الثلاثة: سكريات (٤ ح) والدسم (٩ ح) والمواد الآحية (٤ ح) . فيوافق تناول كمية معينة من الغذاء ، انتشار كمية من الحريرات ، وهكذا يسهل تعيين الحرارة التي ينشرها الشخص بدون اللجوء الى المسعار ، إذ اننا متى عرفنا كمية الاغذية التي تناولها وعرفنا تركيبها وعرفنا ان ١٠ ٪ منها لاتمتص فتذهب هدراً ، أمكننا الوصول الى نتائج تشبه النتائج المجتناه من المسعار .

استعمال الحرارة المتولدة : يولد الشخص الكاهل المستريح ٢٣٠٠ — ٢٤٠٠ حريرة في أربع وعشرين ساعـــة ويخسر في الوقت نفسه كمية مساوية لان حرارته تبقى ثابتة ولا تنقص وقد بينا طرق التوليد ولنبين الآن طرق الخسارة :

تخسر في كل ٢٤ ساعة ١٧٠٠ حريرة بالاشعاع والنقل عبر الجلد ، و ١٠٠ حريرة بتسخين الهواء المستنشق والاغذية والمشروبات المبتلعة ، و ٥٠٠ حريرة بالاستبخار بتماس مخاطية

الرئتين وتستعمل القدرة الغذائية الباقية للاعمال الداخلية كعمل القلب وعمل عضلات التنفس والمقوية العضلية وافراز الغدد وتنبه الاعصاب والخ ...

وتتناسب شدة الاشعاع طرداً مع سعة سطح الجلد ، فتنشر الحيوانات الصغيرة كمية من الحرارة اكبر نسبياً مما تنشره الحيوانات الكبيرة وذلك بحسب المبدأ الهندسي المعروف الذي يبين أن السطوح تنمو بحسب تربيع أبعادها الخطية وأن الحجوم تنمو بحسب تكعيب هذه الابعاد . فلا تناسب زيادة الحجم زيادة كبيرة على السطح ، ولهذا يخسر الطفل كمية من الحرارة ، اكبر نسبة الى حجمه ، من الكمية التي يخسرها الكاهل بالنسبة الى حجمه ، لان سطح الجلد بالنسبة الى الحجم اكبر في الطفل منه في الكاهل .

الاعضاء المولدة للحرارة : تتولد الحرارة في كل نسيج إذ تحدث احتراقات في كل خلية من خلايا البدن بيد أن الاحتراقات تكون اكثر وأشد في بعض الاعضاء كما في الغدد والعضلات فتنشر هذه كمية اكبر من الحرارة، وقد بين القياس بالابر الحرارية الكهربائية أن الغدد تسخن درجة واحدة في أثناء الطعام حين يفرز الافراز ، وأن الكبد حارة دوماً (٣٨،٥°) تسخن الدم المار فيها ٠،٣ درجة ، وتعطي البدن في أربع وعشرين ساعة ٤٠٠ حريرة .

أما العضلات فهي أكبر مولد للحرارة إذ تنشر ولو كانت مستريحة ٤٠ ٪ من مجموع كمية الحرارة اللازمة للانسان ، لانها تكون في حال الراحة متقلصة تقلصاً خفيفاً (المقوية العضلية) . أما في حال العمل فانها تنشر ٦٢ ٪ من كامل كمية الحرارة إذ تسخن العضلة العاملة ٠،٥ — ١ درجة ، كما ترتفع الحرارة المركزية العامة أثناء التمارين العضلية درجة تقريباً .

أما الجملة العصبية فكمية الحرارة التي تولدها بنفسها قليلة ، وقد رأينا أن العمل الفكري يرفع درجة الحرارة العامة ٠،١ الدرجة فقط في ساعة واحدة . ولكنها تعمل على توليد الحرارة بصورة غير مباشرة في غيرها من الاعضاء إذ هي التي تنظم حركات العضلات وافراز الغدد ، بأعصابها المحركة والمفرزة وقد سميت هذه الاعصاب لذلك الاعصاب الحرارية .

تنظيم درجة الحرارة: تتبدل درجة الحرارة في بعض الحيوانات كالافقاريات والاسماك والضفادع والزواحف بتبدل درجة حرارة الوسط الذي تعيش فيه ولكنها لا تساوي ابداً درجة هذا الوسط تماماً بل تزيد عنها ١° — ٣° في الزواحف و ٠،٠٥ — ١،٥ درجة في الحيوانات الاخرى ، وتسمى هذه الحيوانات الحيوانات ذات الحرارة المتبدلة وهي لاتنشر إلا كمية ضئيلة من الحروريات .

وتبقى درجة الحرارة ثابتة في الحيوانات الأخرى على الرغم من تبدلات حرارة الوسط الذي تعيش فيه ، فتسمى الحيوانات ذات الحرارة الثابتة أو المتساوية كالانسان (٣٧°) وبقية الثدييات حيث تكون الحرارة قريبة من ٣٩° في سائر أنواعها ما عدا الطيور التي تبلغ حرارتها ٤١°. ويعود ثبات درجة الحرارة في هذه الزمر الى الكفاح الذي تقوم به أجسامها ضد البرد وضد الحر بفضل التنظيم الحراري .

ابراز الفضلات

تتولد من احتراق الاغذية في الخلايا حرارة وقدرة ، وتبقى بعد الاحتراق فضلات يتحتم اخراجها لأنها سامة في اكثر الحالات ونسمي اخراج الفضلات الضارة الابراز . والفضلات غازية كغاز الفحم يضبطها الدم ويسوقها الى الرئتين حيث تطرح وتبرز ،وسائلة يسوقها الدم ايضاً الى أعضاء الابراز (الكليتين وغدد العرق والكبد) التي تطرحها بشكل بول أو عرق أو صفراء .

افراز البول وابرازه

البول : هو الواسطة التي يتخلص بها الجسم من فضلاته الآزوتية ومن القسم الاكبر من فضلاته الملحية ، وهو سائل أصفر وتفاعله حامض خفيف ، ويكون التفاعل حامضاً واضحاً في الحيوانات اللاحمة وقلوياً في النباتيين . وتقدر كمية البول التي يطرحها الانسان وسطياً في أربع وعشرين ساعة بـ ١٢٠٠ — ١٤٠٠ غ وتبدل هذه الكمية عوامل كثيرة وتنقصها الحمى للتعرق الغزير الذي يرافقها . ويلاحظ دائماً توازن بين البول والعرق فينقص الواحد متى زاد الآخر لاسيما في الايام الحارة .

تركيب البول : يحتوي الليتر الواحد من البول وسطياً على ٩٥٠ غراماً ماء و ٢٠ غراماً املاحاً معدنية وثلاثين غراماً مواد عضوية .

١ — الملاح المعدنية : تتألف من ١١ غ من كلور الصوديوم و ٣ غ من الكبريتات القلوية و ٣ غ من فوصفات الصوديوم الحامضة وفوصفات الكلس . وتعد الكلية أهم طريق ينطرح منها ملح الطعام وإذا تراكم هـذا الملح في البدن أما لكثرة ما يرد منه بالطعام أو لاختلال يطرأ على الكلية حدث الاستسقاء (ورم رخو) ، أما الفوصفات فلا تنطرح مع البول إلا إذا كان الطعام حيوانياً لانها تنشأ من تخريب الانسجة الفوصفورية والحين ، أما إذا كان الطعام نباتياً فانها تنطرح بالامعاء فقط .

٢ — المواد العضوية : تتألف من البولة (٢٥ ٣٠ غ في الليتر) ومن حامض البول (٠،٥ غ) وبولات الصوديوم والكالسيوم (٠،٥ غ) وحامض بول الخيل (وهو كثير في بول النباتين واللحميين (كره آتنين) ومن صباغ أصفر ينشـــأ من طرح الاصبغة الصفراوية يدعى صفراء البول .

البولة : هي مادة عضوية صيغتها $CO(NH_2)_2$ تنشأ من تخريب المواد الآحية وتتميه البولة متى ترك البول بتماس الهواء مدة ، بفعل جرثوم خاص يدعى المكورة الدقيقة البولية (يوجد في الهواء بكثرة) فتنقلب الى فحمات الآمنيوم وفقاً للتفاعل الآتي :

$$CO(NH_2)_2 + 2\,H_2O = CO_3(NH_4)_2$$

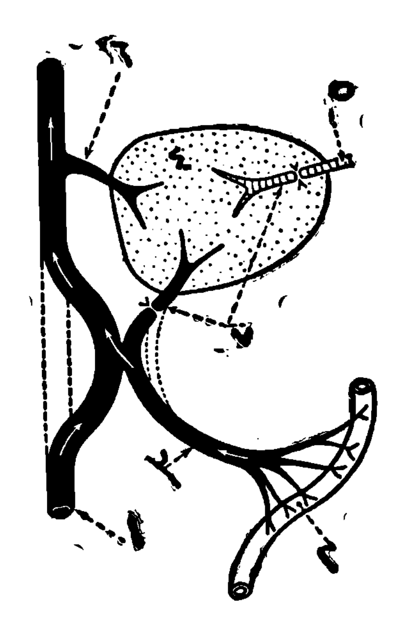
ويسمى هـــذا الانقلاب الاختمار الامونيــاكي ، ثم تتحلل فحمات الامونيوم بحرارة الجو الى غاز الكربون وأمونياك ، لذلك تنتشر رائحة الامونياك الشديدة من المباول ومن البول الآخذ بالتفسخ .

منشأ البولة : تتكون البولة في سائر الاعضاء فهي فضـــلة من الفضلات الخلوية بيد أنها اكثر في خلايا الكبد منها في الخلايا الاخرى . وقد اعتبر تكوينها وظيفة من وظائف الكبد الاساسية ، وأثبتت هذه الوظيفة بعدد من التجارب :

أ — إذا استؤصلت الكبد في حيوان نقصت كمية البولة في بوله :

ب — يحتوي الدم في الاوردة فوق الكبد (الدم الصادر من الكبد) كمية من البولة اكبر من الكمية التي يحتويها دم وريد الباب (الدم الوارد إلى الكبد .

ج - تجربة ناسورايك : يربط الشريان الكبدي ووريد الباب في كلب ، ثم يساق الدم من وريد الباب مباشرة إلى الوريد الاجوف السفلي بدون أن يمر على الكبد بفاغمة وريد الباب بالاجوف السفلي فتعزل الكبد هكذا عن الدوران فيلاحظ نقص في كمية البول تعقبه اضطرابات عصبية خطرة يتلوها الموت . ويحدث الموت بالانسمام ، لظهور المركبات الامونياكية السامة في الدم .



شكل (٤٧) ناسورايك
١ - الوريد الاجوف السفلي ٢ - معاء ٣ - وريد الباب ٤ - كبد ٥ - شريان كبدي ٦ - الوريد فوق الكبد ٧ - رباط

وهكذا تتحول أملاح الامونياك السامة الناتجة من تخريب الآحيات الى بولة قليلة السمية لذا تعتبر وظيفة الكبد البولية في نفس الوقت وظيفة مضادة للسموم .

حامض البول : وينشأ من تخريب المواد الهيولية النووية الموجودة في بعض الاعضاء كالكبد والغدد الصعترية (التيموس) . وكثيراً ما يترسب ، متى زادت كميته في البول ، في الطرق البولية فيكون بعض أنواع الرمال والحصيات الكلوية أو الحصيات المثانية. وإذا زادت كميته في الدم ترسب في المفاصل وكون مرضاً يعرف باسم مرض النقرس .

صفراء البول : هي صباغ أصفر يشتق من ياقوت الصفراء الصباغ الصفراوي الذي

تحوله جراثيم الامعاء ، فيمتص مع الكيلوس ثم ينطرح من الدم بالكليتين . وإذا عرفنا أن ياقوت الصفراء نفسه ينشأ من تخريب خضاب الدم أدركنا العلاقة بين صباغات أخلاط البدن الثلاثة : خضاب الدم وياقوت الصفراء وصفراء البول التي يشتق بعضها من بعض .

سمية البول : يموت الحيوان إذا استؤصلت كليتاه أو ربط حالباه ، وينشأ موته من التأسر أي من انحباس العناصر السامة التي كانت تنطرح مع البول ، في الدم . وتعزى سمية البول لا إلى البولة بل الى ملاح البوتاس والمواد الملونة .

عناصر البول المرضية : نذكر منها سكر العنب والآحين والحصيات أو الرمال .

أ ـــ **سكر العنب :** متى اختلت وظيفة الكبد السكرية أو متى اختل استهلاك السكر في النسج لآفة في المشكلة . تراكم السكر في الدم وانطرح مع البول متى بلغت نسبته فيه ٣ بالالف ويسمى ذلك الداء السكري (ديابيت) . ويكشف وجود السكر في البول بتسخين البول السكري مع سائل فهلنك فيحدث راسب أحمر آجري .

ب ـــ **الآحين :** تفضي آفات الانابيب البولية إلى مرور آحيات الدم منها الى البول ويسمى ذلك البول الآحيني (داء الزلال) ويكشف وجود هذه المادة في البول بالتسخين وبحامض الخل الثلاثي الكلور .

جـ ـــ **الحصيات :** قد تكون بولاتية أو حماضية أو فصفاتية وقـــد تكون مزيجاً من الملاح الثلاثة .

افراز البول : توجد عناصر البول كلها في الدم وتفرزها الكليتان افرازاً ولا تصنعها صنعاً وقد أثبتت ذلك الوقائع التالية :

أ ـــ إذا استؤصلت الكليتان أو ربط الحالبان حدث الموت بالتأسر أي بتراكم عناصر البول في الدم .

ب ـــ كمية البولة في دم الوريد الكلوي أقل منها في دم الشريان الكلوي ويدل ذلك أن الكلية خلصت الدم الذي ورد اليها من قسم من بولته .

حـ ـــ يصنـع القسم الاكبر من البولة في الكبد ويصنع القسم الباقي النسج ، وقـد

بينا ذلك بتجارب خاصة ، وكذلك البولات فانها تتراكم في النسج في الدم متى استؤصلت الكليتان .

فعناصر البول إذاً فضلات تدفعها الاعضاء إلى الدم وتفرزها منه الكليتان وتبرزها طرق البول .

آلية الافراز : يمر الدم في الكلية بتماس الانابيب البولية فتأخذ منـــه خلايا جدران الانابيب عناصر البول وتطرحها في اللمة حيث تختلط وتكون البول .

وليست اقسام الانابيب البولية كلها سواء في العمل بل لـكل قسم من أقسامها وظيفة خاصة ونميز منها وظيفتان : وظيفة الكبات ووظيفة الانابيب .

أ رشح مصورة الدم في الكبات : يدل تحليل البول الراشح من الكبات على أنه يتألف من نفس مركبات مصورة الدم عدا البروتيدات . فالكبه إذن نفوذه للماء والاملاح المعدنية والبولة ، وحمض البول ، وسكر العنب التي تنفـــذ من الكبة إلى محفظة بومان .

ب ــ الارتشـــاف الانتقائي لبعض المواد في الانابيب المتعرجة وفي عروة هانلة : في تماس الخلايا المفرزة في الاقسام المتسعة من الانابيب البولية (الانبوب المتعرج، والشعبة الصاعدة من عروة هانلة) يعود الماء والمواد ذات العتبة من جديد الى الدم . وهذا الارتشـاف يكون كاملاً بالنسبة لسكر العنب وجزئياً بالنسبة لـكلور الصوديوم وذلك تبعاً لحـد العتبة الكلوية .

دور الجملة العصبية في ابراز البول : لم تعين اعصاب مفرزة خاصة بالكليتين بل تشترك الجملة العصبية المحيطية في ابراز البول بصورة غير مباشرة ، بواسطة الاعصاب المحركة للاوعية ، التي تؤثر في قطر الاوعية فتزيد في ضغط الدم (بتضييق القطر) أو تنقصه (بتوسيعه) مبدلة بذلك كمية البول المفرز ؛ وقد وجد في قاع البطين الرابع مركز يحـــدث تنبيهه بوالا (بولا غزيراً) كما تتصف بعض المواد إذا شربت مناقيعهـا كالبولة

والقهوبين (كافة ثين) وشرش النجيل ونواصي الذرة ومصاليق (اذناب) الكرز والخ .. بصفات مدرة تزيد في كمية البول .

ابراز البول : تجمع البول قنوات بليني وتسوقه الى الحويضة . ثم يسوقه الحالبان الى المثانة حيث ينصب قطرة فقطرة بمقدار قطرة كل عشرين ثانية تقريباً . فتمتلىء المثانة وتتسع تدريجياً ويغلق ضغط البول على جدرانها متى امتلأت ، فوهتي الحالبين . وتتفرغ المثانة بالانعكاس متى بلغت كمية البول فيها وسطياً ٥٠٠ - ٦٠٠ سم٣ فتتقلص عضلات جدرانها الملس كما تتقلص عضلات جدار البطن التي تجاورها . ويندفع بعض القطرات الى الاحليل فتنبه حس الحاجة إلى البول فتنفتح المصرة الاحليلية ويسيل البول من الاحليل . وتقاوم هذه المصرة إلى حد ما انفراغ البول لتقلصها بتأثير الارادة ؛ ولكن تقلصات المثانة تغلبها على أمرهـــا متى اشتدت . وللبول مركز عصبي في الناحية القطنيـة المجزية من النخاع الشوكي .

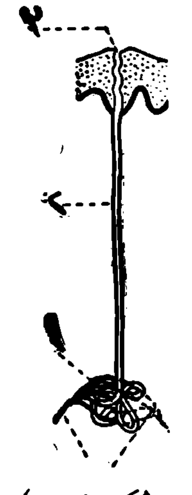
شأن البول في البدن : يتخلص البدن بواسطة البول من فضلاته الضارة أو السامة ومن ذيفانات الجراثيم احياناً ، كما ينظم ضغط الدم ويسهر على حفظ تركيبه الكيمياوي من التبدل .



ابراز العرق

ينطرح قسم من الفضلات بواسطة الغدد العرقية التي تفرز العرق في أدمة الجلد .

الغدد العرقية : تتألف كل غدة عرقيه من أنبوب مبرز بسيط متعرج يصل الى سطح الجلد بالادمة ، طوله ٢ مم وقطره ١،٠٠ مم . ويتصل هذا الانبوب في الادمة بأنبوب ملتف على نفسه يدعى الكبة . وتنفتح الانابيب المبرزة على سطح الجلد بفوهـات دقيقة تدعى المسام تبلغ المليون عداً (بعدد الغدد) وتتوزع الغدد العرقية في الجلد بصورة غير متساوية فهي كثيرة في الجبهـة والضبن وأخمص القدم وراحة اليد حيث يعد منها ٣٠٠ في السانتمتر المربع .



شكل (٤٩)
غدة عرقية
١ — كبة
٢ — قناة مبرزة
٣ — مسام
٤ - أوعية دموية

العرق : العرق سائل رائق لا لون له ، رائحته كريهة ، طعمه ملح وتفاعله حامض خفيف . أما تركيبه فيشبه تركيب البول ولكن ماءه اكثر لذا يعتبر بولا ممـدداً . وفيه حموض دسمة طيارة ودسم .

وتتراوح كمية العرق المبرزة في ٢٤ ساعة بين ٦٠٠-١٠٠٠ غراماً أي ٣٠ - ٤٠ غرامـاً في الساعة . وتبدل هـذه الكمية عوامل كثيرة منها الحرارة ، والشرب ، ونشـاط الكلية أو كسلها ، والتمارين العنيفة . وافراز العرق مستمر ولكننا لانشعر به إلا متى كان غزيراً .

آلية افراز العرق : تؤثر الجملة العصبية في افراز العرق تأثيراً بيناً إذ نشـاهد غالباً أثناء التعرق نشاطاً في الدوران واحمراراً وحرارة في الجلد بيد أن التعرق لايقتضي حتماً توسعاً في الاوعية ونشاطاً في الدوران ، اذ يتفصد بتأثير الانفعـالات والصدمات النفسية عرق غزير بارد تضيق معه أقطـار الاوعية بدلاً من أن تتسع فيشحب الجـلد واللحافات .

نستنتج من ذلك ان للعرق أعصاباً مفرزة خاصة تدعى الاعصاب المعرقة مركزها البصلة السيسائية .

والتعرق فعل انعكاسي يحدثه تنبه الاعضاء الحسية في الجلد بالحرارة . والحرارة المنبهة خارجية كحرارة الجو وداخلية ، إذ ينبه ارتفاع درجة حرارة الدم غدد العرق ، تنبيهاً مباشراً فيحدث التعرق .

وظائف العرق : أ – يخلص العرق البدن من الفضلات كالبول ، ولكن وظيفته هذه قليلة القيمة . بيد أنه يجب الاعتناء دائماً بنظافة الجلد نظافة تامة لرفع الفضلات الصلبة التي يبقيها العرق فوقه بعد تبخره ولفتح مسام الغدد .

ب – يلين العرق الجلد فيساعده على ضبط الاحساسات بدقة .

ج – يعد العرق عاملا اساسياً في تنظيم حرارة البدن إذ يمتص باستبخاره كمية كبيرة من حرارة الجلد .

ابراز الصفراء

تخرج الصفراء من الكبد بواسطة قناة تدعى القناة الكبدية ، ثم تجري في القناة الجامعة حتى تصل الى العفج فتصب فيه أثناء الهضم وتمزج مع عصارة المعثكلة (البانكرياس) وتختزن الصفراء في فترات الراحة في الحويصل الصفراوي. ويطلق على القنوات التي تجري فيها الصفراء اسم المجاري الصفراوية .

وقد رأينا أن للصفراء تأثيراً هاضماً بيد أنها تعتبر في الاصل وسيلة من وسائل طرح الفضلات لأنها تحتوي على كثير من المواد الشديدة السمية كاصبغة الصفراء واملاحها التي تحدث ، متى انحبست في الدم ، اصفراراً في الجلد وأعراضاً سمية (اليرقان lctère) .

استخراج الصفراء : تستخرج الصفراء من نواسير تفتح في مجاريها ، ويتم فتح الناسور بعملية جراحية فتنصب الصفراء مباشرة إلى الخارج وتجمع .

افراز الصفراء وافراغها : تفرز الكبد الصفراء باستمرار ولكن انصبابها في العفج منقطع فتتراكم الصفراء بعد انتهاء الهضم في الحويصل الصفراوي . ولا تنصب في العفج إلا

حين يبدأ الهضم المعوي من جديد . ويتفرغ الحويصل الصفراوي في الامعاء بطريق القناة الجامعة ، بتأثير التنبيه الذي تحدثه ملامسة الكيموس لمخاطية العفج ، وينقطع انصباب الصفراء بعد انتهاء الهضم بعشر دقائق تقريباً فلا نجد في المعاء حين الصيام شيئاً منها .

تركيب الصفراء : الصفراء سائل لزج خائط ، مر الطعم ، قلوي التفاعل ، لونه أصفر ذهبي ينقلب إلى أخضر بتعريضه الى الهواء ، ولا يتخثر بالحرارة . ويحتوي الليتر من الصفراء ٨٥٠ غ ماء و ١٥٠ غ مواد منحلة ونذكر منها الملاح الصفراوية والاصبغة الصفراوية وشمع المرة (كولسترين) ، وقليلا من المواد المخاطية والصابون والدسم . ونصادف في الصفراء ايضاً كلور الصوديوم وكلور الكالسيوم والماغنيزيوم واثراً من الحديد .

الملاح الصفراوية: اشهرها ملحان غليكوكولات الصوديوم وطوروكولات الصوديوم.

الاصبغة الصفراوية : وهي يافوت الصفراء (البيليروبين) ذو اللون البرتقالي وزمرد الصفراء (البيلفردين) ذو اللون الاخضر وينشأ من تحميض الصباغ السابق .

شمع المرة (الكولستيرول) : هو مادة غواية كحولية مجردة من الآزوت تستخرجها الكبد من الدم لتطرحها مع الصفراء ، ويعتبرها البعض فضلة من فضلات النسيج العصبي ومتى زادت كمية شمع المرة في الدم ترسب في الطرق الصفراوية بشكل رمال أو حصيات تحدث إذا تحركت لتنطرح ، قولنجات كبدية مؤلمة .

سمية الصفراء: لا تحدث الصفراء إذا أخذت بطريق الفم أي ازعاج بل تنشط على عمل الكبد وتصلح انبوب الهضم . أما إذا حقنت في البدن حقنا ، في الوريد أو تحت الجلد ، فانها تحدث انسماماً شديداً أشد من الانسمام بحقن البول بتسع مرات .



الحركة وأجهزتها وانواعها

الحركة صفة تتصف بها سائر المخلوقات الحية التي تحتاج إلى تبديل مكانهـا سعياً وراء الاغذية اللازمة لدوام حياتها كما تحتاج إلى تحريك هيولى خلاياها لامتصاص الاغذية وهضمها ونبذ الفضلات الحاصلة منها . فالحركة إذن نوعان : حركة باطنة وحركة ظاهرة .

الحركات الباطنة : نميز منها :

١ — حركات الهيولى الخلوية وهي حركات لا تبـدو إلا بفحص الخلايا منفردة تحت المجهر وتشترك فيها سائر الكائنات الحية .

٢ — حركات الاهداب المهتزة التي تظهر خاصة في بطانة الرغامى والقصبات .

٣ — حركات الاحشاء والمصرات ، وهي حركات باطنة ايضاً تختفي تحت جدران البدن وتشتمل على تقلصات لا تخضع لارادة الانسان كتقلصات القلب والاوعية وتقلصات المعدة وحركات الامعاء الحولية وتقلص المصرات الخ ...

الحركات الظاهرة : وهي الحركات التي تمكننا من تبديل مكاننا ومن مسك الاشياء وتناولها واجراء الاعمال اليدوية والخ ... ويساعد على الاتيان بهـا جهاز عضلي يتقلص فيحرك قطعاً صلبة هي العظام تقوم بأعمال تشبه عمل الروافع . ويدير تقلص العضلات جهاز خاص يدعى الجهاز العصبي . وقد درسنا في الصفوف السابقة العظام وأشكالها أما الآن فسندرس كيفية اتصال هذه العظام ثم كلاً من الجهاز العضلي والعصبي على التوالي .

المفاصل

المفاصل مواضع تلتقي فيها العظـــام . وهي على ثلاثة أنواع : ثابتة ونصف متحركة ومتحركة .

١ — المفاصل الثابتة وتسمى بالدروز (ومفردهـا درز) تكون فيها حافتـا العظمين

مسننتين تتداخلان ، أو مقطوعتين قطعاً كبري القلم فتتراكبان كما في عظام الجمجمة . وتلتحم هـذه المفاصل احياناً مع تقدم السن التحاماً تاماً .

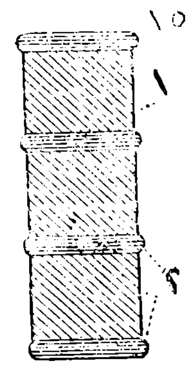
شكل (٥٠)
المفاصل الثابتة

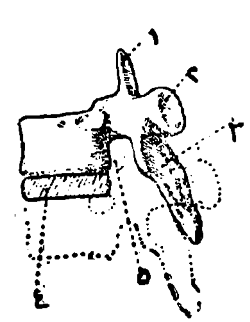
٢ — المفاصـل نصف المتحركة : حركتها محدودة وتفصل العظام فيها أقراص ليفيه غضروفية مرنة كما في المفاصل بين الفقرات وفي وصل العانة.

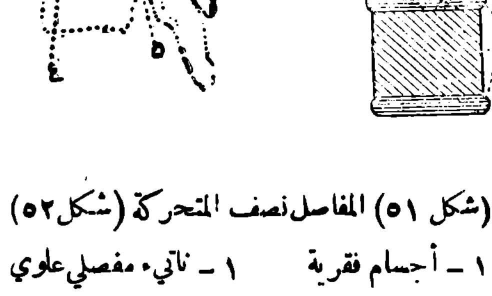
٣ ـ المفاصل المتحركة : الحركة فيها واسعة ومتنوعة كما في مفاصل الاطراف ونذكر كمثل على المفاصل المتحركة المفصل الحرقفي الفخذي .

تحتوي النهايتان العظميتان :

١ — على سطحين مفصليين متوافقين قابلين للتطابق يتداخلان في بعضها فيدخـل رأس الفخـذ المحدب في الجوف الحقي المقعر .







(شكل ٥١) المفاصل نصف المتحركة
١ ـ أجسام فقرية
٢ ـ أقراص غضروفية ليفية

(شكل ٥٢)
١ ـ ناتيء مفصلي علوي
٢ ـ ناتيء مفصلي معترض
٣ ـ ناتيء شوكي
٤ ـ قرص غضروفي
٥ ـ ثقب الصال

٢ يكسو السطحين المفصلين غضروف أملس يخنق صوت اصطدام العظمين كما يخفف بمرونته من وطأة هذا الاصطدام .

٣ ـ في المفصل سائل زيتي براق يسهل الانزلاق والحركة ويمنع اتكال النهايتين بفعل الاحتكاك ويسمى آح المفصل ، وتربط العظام ببعضها ربط (جمع رباط) مرنة تمتد من نهاية العظم الواحـدة الى الثانية . وللمفصل ايضاً محفظة ليفية تحيط به كالـكم تمتن الربط . ولا تنس ما للضغط الجوي من تأثير في توثيق ربط النهايات العظمية ببعضها لخلو جوف المفصل من الهواء .

الجهاز العضلي

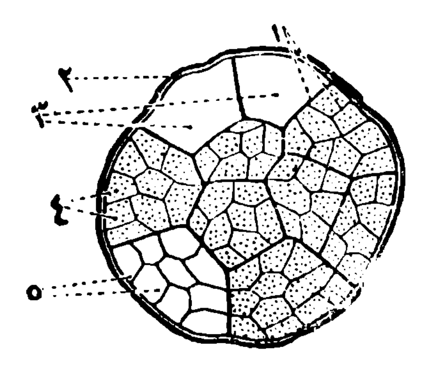
العضلات هي الاعضاء الفعالة في الحركة بينما تعتبر العظام أعضاء منفعلة فيها ، وتنجم عن تقلصها قوة ، تؤثر في المنطقة التي ترتكز عليها ، فتحركها كما تحرك القوةذراع الرافعة وتؤلف العضلات القسم الاحمر من الجسم (اللحم) .

بنية العضلات وأنواعها

العضلات ثلاثة أنواع :

١ – عضلات حمر مخططة : وهي عضلات تقلصها ارادي وسريع كعضلات الاطراف.
٢ - عضلة القلب وهي حمراء ومخططة لكن تقلصها لايخضع للارادة .
٣ - عضلات بيض أو ملس تقلصها غير ارادي وبطيء كعضلات الامعاء .

العضلات المخططة : شكلها مغزلي في الغالب ، فالقسم المتسع الاحمر فيها يسمى بطن العضلة ونهايتاها البيضاوتان الضيقتان تسميان الوترين وهما ليفيان مرنان ترتكز بهما العضلةعلى العظام . وقد تحوي العضلة أحياناً وترين في نهاية واحدة فتسمى ذات الرأسين كذات الرأسين العضدية أو ثلاثة أوتار فتسمى ذات الرؤوس الثلاثة ، كذات الرؤوس الثلاثة العضدية ، أو أربعة أوتار كذات الرؤوس الاربعة الفخذية . وقد يكون للعضلة بطنان متصلان بوتر متوسط كالعضلة ذات البطنين الذقنية ، وقد تكون العضلة دائرية كدائرة



شكل (٥٣)

مقطع عرضي في عضلة

١ ـ حجب ضامه ٢ ـ غشاء العضلة
٣ ـ مساكن ٤ ـ حزم ليفية
٥ ـ حجيرات عضلية

الاجفان أو حلقيـــة تحيط بفوهة فتدعى المصره ؛ أو تكون بشكل مروحـــة كالعضلة الصدغية أو بشكل ستار عريض كعضلة الحجاب الحاجز التي تفصـــل الصدر عن البطن

بنية العضلات المخططة :

تتألف العضلة من حزم من الالياف تبدو بجلاء في لحم البقر المغلي ، ويحيط بهذه الالياف غشاء ضام لماع يدعى صفـاق العضلة ، يرسل حجباً بين الحزم تقسم العضلة الى مساكن. والليف العضلي خلية كبـيرة يسمى غشاؤها غشـاء الليف العضـلي وهيولاهـا متكثفة

شكل (٥٤)

ليف عضلي مخطط مع لوحة محركة
١ ـ ليف عصبي ٢ ـ نخاعين ٣ـ غمد
٤ ـ لغصن المصب ٥ ـ نواتان
٦ ـ هيولى عضلية ٧ ـ قرص عاتم
٨ ـ قرص نير

بشكل أعمدة تدعى الليفيات . ويتألف كل ليف من أقراص عاتمـــة وأقراص نيرة تتوالى بانتظـــام قرص عاتم فقرص نير ، وتصطف الليفيات في داخل الليف متوازية بصورة تتحاذى معها الاقراص المتماثلة في مستوى واحد . فيبدو الليف هكذا مخططاً .

العضلات الملس : هي عضلات لا يخضع تقلصها للارادة وليس في اليافها تخطيطات . والليف العضلي الاملس خلية كبيرة مغزليـــة فيها هيولى ليفية بيد أن ليفاتها مجردة من الاقراص العاتمـــة والنيرة . ويصادف هـــذا النوع في جدران الانبوبـة المضمية والمثانة والاوعية .

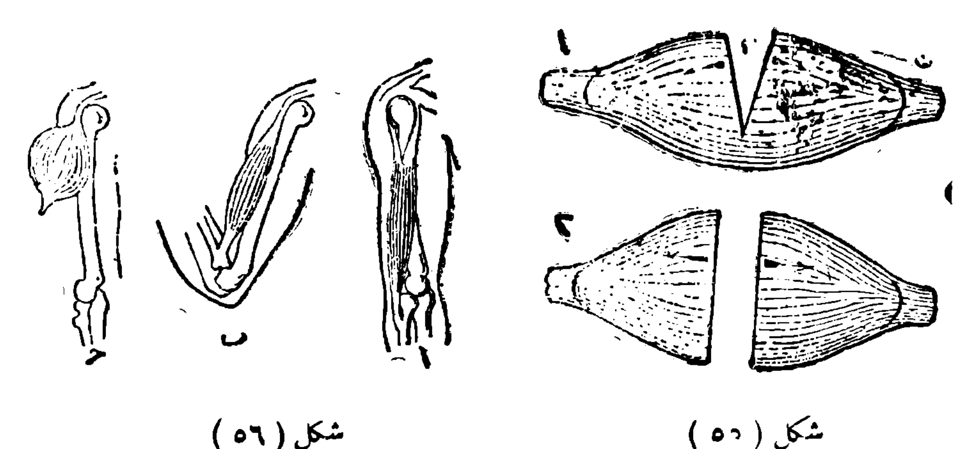
عضلة القلب : هي عضلة حمراء مخططة لا يخضع تقلصها للارادة ، اليافهـا متفصنة تتفاغم مع بعضها ، في كل ليف منها نواة واحدة .

ارتباط العضلات بالعظام : ترتكز العضلات في الغالب على العظام ، أما مباشرة على جسم العظم وأما بواسطة الاوتار ، وهي حبال بيض ، فلا يلتصق بطن العضلة بالعظم كما في عضلات الاطراف . وقد ترتكز العضلات من جهة على العظم ومن جهة أخرى على الجلد مباشرة كالعضلة الممددة لفافة الفخذ .

خواص العضلات : تتصف العضلات بأربع صفات أساسية هي المرونة ، والمقوية ، والتنبه والتقلص .

اولا المرونة : لنشد عضلة شداً معتدلا ، ثم لنتركها فنرى انها تمددت بالشد ثم عادت ببطء الى طولها الاصلي بعد زواله ، فنقول أنها مرنة ، وتتعلق هـذه الخاصة بتغذي العضلة وتزول بعد الموت .

ثانياً - المقوية : لنقطع عضلة حية في حال الراحة فنرى أن طرفيها يتباعدان ، وإذا كان القطع في الوتر قصرت العضلة مقـداراً قليلاً وتعتبر هذه الحادثة خاصة حيوية تدعى



شكل (٥٥)

المقوية العضلية

شكل (٥٦)

أ - العضلة ذات الرأسين في أثناء الراحة

ب - في أثناء التقلص ج - تقلصها بعد قطع الوتر السفلي

المقوية يديرها عصب العضلة المحرك. فلو قطع العصب ثم قطعت العضلة بعده لبقي طرفا القطع متلاصقين ولاسترخت العضلة .

ثالثاً **التنبه** : تجيب العضلة على التنبه بالتقلص . وتنبهها اليه عوامل مختلفة نذكر منها المنبهات الآلية كالوخز والقرص والخ . . . والمنبهات الحرارية والمنبهات الكيمياوية كالحموض والقلويات والخ . . والمنبهات الكهربائية كالتيار المستمر وتيار التحريض وتيار المكثفات . والمنبه الفيزيولوجي « الفريزي » وهو المنبه الطبيعي للعضلات ويصدر عن المراكز العصبية ويصل إلى العضلات بواسطة الاعصاب المحركة .

رابعاً **التقلص** : متى أثر منبه في عضلة ، تقلصت فانتفخت وقصرت وبقي حجمها ثابتاً ، فاذا قلصنا مثلا بفعل ارادتنا ذات الرأسين العضدية فانها تقصر وتعطف الساعد على العضد .

وللدلالة على ثبات الحجم نضع عضلة في قارورة ونصلها بسلكين ينتهيان الى مولد كهربائي ، ثم نملىء القارورة ماء ونسدها سداً محكماً بسدادة تمر فيها أنبوب شعري دقيق تعين عليه سوية السائل ، فاذا سدت دارة المولد تقلصت العضلة دون أن تتبدل سوية الماء في الانبوب .

الحركة والتعب والاعياء

تنشأ عن تقلص العضلات قوة تؤثر في أجسام العظام التي ترتكز عليها فتحركها كما تحرك القوة ذراع الرافعة .

وتستهلك العضلة في تقلصها مقداراً من سكر العنب الذي يرد اليها مع الدم . فتحرقه احتراقاً غير تام بحسب المعادلة التالية :

$$C_6H_{12}O_6 + 3O_2 = C_3H_6O_3 + 3CO_2 + 3H_2O$$

وينتج عن هذا الاحتراق حمض لبن $C_3H_6O_3$ وبلا ماء فحم وكمية من الحرارة تنتشر

في البدن ، ويخلص دوران الدم السريع العضلة من هذه المحصولات التي تضر بها إذ يتلف حمض اللبن هيولى الليف العضلي ويخثرها .

التعب العضلي : يتطلب تنظيف العضلة من محصولات التقلص بعض الزمن . فالعضلة القلبية مبنية بصورة يحدث فيها هذا التنظيف في الفترة بين الانقباضين لذا تتقلص باستمرار دون كلل منذ الولادة حتى الموت . أما إذا أعاق تنظيف عائق أو إذا كانت المحصولات كبيرة الكمية بسبب عمل مستمر طويل المدة فان حمض اللبن يتراكم في العضلة محدثاً التعب العضلي ، وهو حس مؤلم يتبع كل عمل مفرط ؛ وقد تستمر الآلام في العضلات من جراء التعب بضعة أيام ، وإذا زاد التعب باستمرار العمل ، حصل الاعياء وهو انسمام بمحصولات العمل العضلي التي تراكمت في الدم . ونبرهن على وجودها في الدم باننا إذا زرقنا في حيوان مستريح كمية من دم حيوان تعب ، بدت على الاول حالا امارات التعب الشديد . وأكل لحوم الحيوانات المتعبة المنهوكة خطر ، يحدث أعراضاً سمية واضحة ويقاوم الجسم التعب بالمران اليومي المعتدل « الرياضة » الذي ينشط دوران الدم في العضلات ، فيصلح تغذيتها ويسرع ترميمها فيصبح تناسق حركاتها كاملا وتأخذ شكلها الخاص ، على أن لايصل هذا المران الى حد التعب المؤذي ، ويسرع التمسيد انطراح حمض اللبن فيخفف التعب .



الجملة العصبية

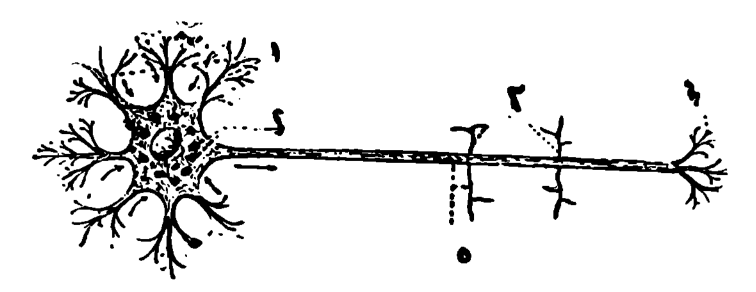
تنسق الجملة العصبية وظائف الاجهزة المختلفة في البدن وتجعله على صلة مستمرة بالمحيط الخارجي . فأجهزة الاستقبال تنبه الاحساسات حيث تسوقها الاقسام العصبية الى مراكز خاصة يتم فيها ادراكها وتسجيلها ثم تعود بالأوامر الى الاعضاء المكلفة بالاجابة .

١ — **النسيج العصبي** : يتألف النسيج العصبي من خلايا وألياف عصبية . حيث تقوم الخلايا بالالتقاط او الارسال وتقوم الالياف بمهمة سوق الاحساسات والاوامر .

أ — **الخلية العصبية** : وتمتاز بكونها خلية ذات نواة ضخمة وهيولى غنية بالمصورات الحيوية وفيها حبيبات خاصة تدعى جسيمات نيسل تظهر في الراحة وتختفي حين العمل ، مما دعا بعضهم الى اعتبارها مدخرات غذائية . وفي الهيولى مادة متجانسة تسبح فيها لييفات متداخلة . ويبرز من الخلية استطالات هيولية متعددة تجعلها مفصصة أو نجمية ، وهنالك استطالة واحدة متميزة تدعى المحور الاسطواني ، ترسل أغصاناً جانبية وتنتهي بتفصنات ليفية . وتسمى الخلية بحسب شكل استطالاتها الهيولية كثيرة الاقطاب او ذات القطبين او وحيدة القطب .

والخلية العصبية لا تنقسم ولا تتكاثر .

ب — **الليف العصبي** : يتألف من المحور الاسطواني للخلية وهو محاط بغمد ثخين يسمى غمد النخاعين له لون صدفي أبيض ويكون متقطعاً حول المحور الاسطواني ويحاط بغمد

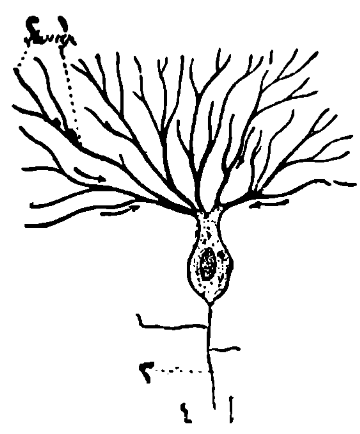


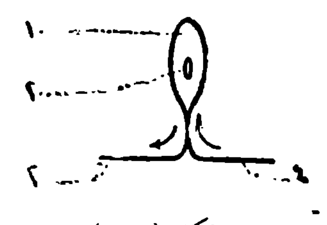
شكل (٥٧)

١ — استطالات هيولية ٢ — جسيمات نيسل ٣ — فروع جانبية
٤ — تفصنات انتهائية ٥ — محور اسطواني

آخر هو غمد شوان يرصع وجهه الباطن عدد من النوى المحاطة بهيولى .

ويبقى الليف محتفظاً بغمديه حتى يصل إلى أحد المراكز أو أحد الاعضاء حيث يتجرد من غمديه ويبقى محوره الاسطواني فقط .



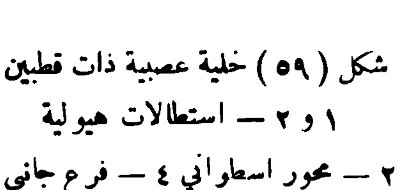


شكل (٥٨)

خلية عصبية بشكل T ذات قطب واحد

١ـ هيولى ٢ ـ نواة ٣ ـ محور اسطواني

٠ ـ استطالة هيولية

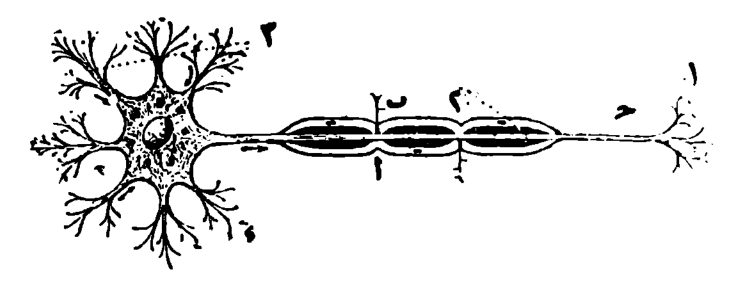


شكل (٥٩) خلية عصبية ذات قطبين

١ و ٢ ـــ استطالات هيولية

٢ ـــ محور اسطواني ٤ ـــ فرع جانبي

وهناك الياف عصبية مجردة من غمد النخاعين كألياف الاعصاب الودية وعصب الشم .



شكل (٦٠) وحدة عصبية « عصبون »

آ ـــ ليف عصبي ب ـــ غصن جانبي د ـــ خلية عصبية

١ ـــ تغصنات انتهائية ٢ ـــ غمد النخاعين ٣ ـــ استطالات هيولية

حـ ـ العصبون : وهو خلية عصبية كاملة مع ليفها . ويسمى لذلك الوحدة العصبية .

فتقوم الخلية بدور مغذ تجاه الليف العصبي الصادر عنهـا ولو قطـع الليف لطرأ على جزئه المفصول عن الخلية تبدلات تدريجية تنتهي بموت المحور الاسطواني وزوال غمد النخـاعين ولا يبقى غمد شوان . بينما يبقى جزء الليف المتصل بالخلية حياً فينمو ويطول .

وينتبه العصبون بالمنبهات الآلية والكيميائية والفيزيائيـة .

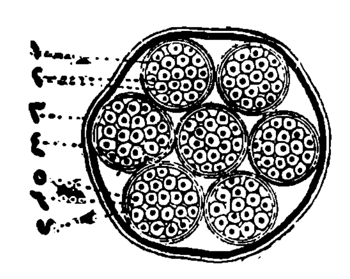
د ــ **اجتماع العناصر العصبية** تنشأ عن اجتماع العناصر العصبية في البدن كتل تسمى عقداً حين تتكون على مسير عصب ما كالعقد الشوكية والعقد الودية . أما إذا استبطنت جوفاً عظمياً كونت ما يسمى بالمركز العصبي كالدماغ والنخاع الشوكي اللذين يتكون كل منهما من مادتين متميزتين .

١ ــ مادة بيضاء مكونة من الياف عصبية لها غمد نخاعيني وقد جرد معظمها من غمد شوان.

٢ ــ مادة سنجابية مكونة من خلايا عصبية لها استطالات هيولية ومحاور اسطوانية ولا تكتسب هذه المحاور غمدها النخاعيني إلا إذا وصلت الى المادة البيضاء .

تكون المادة البيضاء محيطية في النخاع والبصلة ومركزية في المخيخ والمخ . بينما تكون المادة السنجابية في مركز البصلة والنخاع وفي قشرة المخيخ والمخ .

هـ ــ **الاعصاب** : يتألف من اجتماع الالياف العصبية حزماً تكون حبالاً مختلفة الحجم تسمى الاعصاب ويشتمل العصب على عـــدد من الحزم لكل حزمة غمد خاص ويحيط بالجميع غمـــد العصب الذي تكثر فيه الاوعية الدموية المغذية .



شكل (٦١) مقطع عرضي في عصب ١ ـ حزمة الياف عصبية ٢ ـ الياف عصبية ٣ ـ غشاء العصب ٤ ـ شحم ٥ ـ محور اسطواني ٦ ـ نخـاعين ٧ ـ غمد هائلة .

إذا خربنـا الاعضاء العصبية الرئيسية في ضفدع مثلاً كالدماغ والنخاع الشوكي ، نرى الضفدع يتراخى جسمه وينعزل عن التأثيرات الخارجية التي لم يعد يتأثر بها ، فلم يعد يبتلع الذبابة التي تحط بالقرب من فمه مثلاً ، كما نشـاهد ، إذا فتحنا قفصه الصدري ان قلبه يواصـل ضرباته بانتظام ولا تزال الدورة الدموية تستمر في جريانهـا ، كما نشاهد ايضاً ان كل عضو من اعضاء جسم الضفدع يواصل عمله ، فـترة من الزمن ، ويعمل كأنه منعزل عن الاعضاء الاخرى لا علاقة له فيها .

دراسة اقسام الجملة العصبية

يمكن قصد السهولة أن نميز أقسام الجملة العصبية وفق المخطط التالي :

- الجملة العصبية
  - تسيطر على وظائف الاتصال — جملة دماغية شوكية
    - مراكز عصبية — المحور الدماغي الشوكي
      - النخاع الشوكي
      - الدماغ
        - البصلة
        - المخيخ
        - مضيق الدماغ
        - المخ
    - اعصاب محيطية
      - صادرة عن النخاع شوكية
      - صادرة عن الدماغ قحفية
  - تسيطر على وظائف التغذية — جملة إعاشية
    - جملة ودية
    - جملة قرب ودية

ولنعلم أن هذا التقسيم شكلي فقط إذ أن الارتباط واضح وجلي بين الجملة الاعاشية والجملة الدماغية الشوكية كما تسير الاولى بعض وظائف الاتصال وتسيطر الثانية على بعض وظائف التغذية .

وظائف الاعصاب : تتصف الاعصاب بخاصتين أساسيتين هما التنبه والنقل :

إذا عزلنا عضلة ضفدع مع عصبها المحرك ثم نبهنا هـذا العصب بتيار كهربائي تقلصت العضلة ؛ فالعصب إذن قابل للتنبيه كما أن التنبيه الكهربائي قد انتقل من العصب الى العضلة، والعصب ليس إلا مجموعة من العصبونات .

آ — قابلية التنبيه : يعتبر التيار الكهربائي أحسن المنبهات ، ولا تجيب العضلة على تنبيه العصب إلا إذا كانت تغييرات شدة التيار فجائية ، فلا يحدث تقلص العضلة إلا عند فتح الدارة الكهربائية أو اغلاقها ، أي عندما تتغير شدة التيار فجأة بين الصفر والآمبير الواحد مثلا . ويشترط لكي يكون التنبيه مجدياً أن تتوفر في التيار المستعمل الامور التالية :

١ — **عتبة التنبيه** : لايتنبه العصب المحرك لعضله الضفدع إلا إذا بلغت شدة التيار حداً معيناً يسمى عتبة التنبيه ، فاذا استعملنا تيار وشيعة تحريض لاحظنا انعدام تأثير هذا التيار عندما تكون المسافـــة الفاصلة بين الوشيعة الاولية والوشيعة الثانوية كبيرة لدرجة تكون معها شدة تيار التحريض الناتج ضعيفة جـــداً . ويظهر تأثير التيار بعد تقريب الوشيعتين من بعضها إلى حد معين ؛ وتكون شدة تيار التحريض عند فتح الدارة اكبر من شدته عند اغلاقها . فالتنبية بالتيار الكهربائي إذن لايكون مجدياً إلا إذا بلغت شدة التيار عتبة التنبيه التي تسمى الرئوباز .

٢ — **الزمن المجدي** : يفقد التيار الكهربائي تأثيره المنبه إذا نقص زمن مروره عن حد معين يسمى الزمن المجدي ، ولو كانت شدة هذا التيار تفوق الرئوباز ، ويتناسب هذا الزمن المجدي عكساً مع شدة التيار . ويتضح من هـذا أن قابلية التنبيه يمكن أن تقاس حسب أحد المبدئين التاليين :

أ — تعيين الشدة اللازمة لاحداث التنبيه خلال زمن غير محدود . ب تعيين الزمن المجدي بالنسبة لتيار ذي شدة معلومة . وقد اختار العالم لابيك المبدأ الثاني ووضع وحدة أساسية لمقارنة قابلية التنبيه في مختلف النسج الحية أطلق عليهـــا اسم الكروناكسيا .

وتعرف الكروناكسيا بأنها أقصر مدة يستطيع خلالها تيار شدته ضعف الرئوباز احداث

التنبيه وهي تقاس بعشار الثانية $\frac{١}{١٠٠٠}$ ثانية .

وتتراوح قيمة كرونا كسيا مختلف الاعصاب المحركة في جسم الانسان بين ٠٫٠٨-٠٫١ من معشار الثانية ، وهي تتأثر بعوامل عديدة ، فهي تزداد بتأثير البرد والاختناق ،وتنقص بتأثير الحرارة وبعض المواد الكيميائية كالستركنين ، ويلاحظ في الاحوال العادية توافق في الكروناكسيا بين العضلات وأعصابها المحركة . وقد اعتبر البعض هذا التوافق شرطاً ضرورياً لانتقال السيالة العصبية من العصب إلى العضلة .

ب — **الناقلية** : عندما ننبه ليفاً عصبياً ينتشر التنبيه إلى كافة أجزائه ثم إلى ليف عصبي آخر ، ونسمي ما انتشر في الليف العصبي السيالة العصبية . وتتأثر ناقلية الليف العصبي بكثير من العوامل كالبرودة والحرارة المرتفعة والمخدرات فينعدم مرور السيالة فيه.

الجملة العصبية المركزية ووظائفها

تتألف الجملة العصبية المركزية من عـــدة تشكلات عصبية تسكن الجوف القحفي والقنـــاة الفقرية ويتصل هذان المسكنان العظميان ببعضها في الثقبة القفوية . أمـــا الأقسام التي تسكن القحف فتسمى الدماغ وتشتمل على المخ والمخيـخ والبصلة السيسائية والسويقـات المخية ، بينما يطلق اسم النخاع الشوكي على القسم الذي يسكن القنـاة الفقرية .

النخاع الشوكي: حبل أبيض اسطواني طوله ٥٠سم وقطره ١ سم يمتد في القناة الفقرية وينتهي عند الفقرة القطنية الثانية برباط ضام يدعى الخيط الانتهائي . ويبدي انتفاخاً رقبياً وانتفاخاً قطنياً . ويصدر عنه واحد وثلاثون زوجاً من الاعصاب الشوكية ينشأ كل منها من جذر أمامي وجذر خلفي يمر بعقدة شوكية . وتخرج الاعصاب الشوكية من ثقوب

الانضمام بين الفقرات وتتجمع الاعصاب الاخيرة محاذية الخيط الانتهائي ومكونة ما يشبه ذيل الفرس .

بنيته : لنصنع قطعاً عرضياً في النخاع الشوكي فنلاحظ فيه ثلماً خلفياً ضيقاً وعميقاً وزوجين من الاثلام الجانبية كما نلاحظ المادة السنجابية في المركز على شكل حرف X في مركزها قناة السيساء .

وتتألف هذه المادة من عصبونات حسية صغيرة في الخلف ترسل محاورها الاسطوانية الى الجانبين لتشترك في تكوين المادة البيضاء . وعصبونات محركة ضخمة في الامام ترسل محاورها الاسطوانية لتشكل الجذر الامامي للعصب الشوكي .

أما المـــادة البيضاء فتكون في المحيط وتتألف من ألياف عصبية تشكل ثلاثة أزواج من الحبال : خلفيين وجانبيين وأماميين وتنقل الحبال الخلفية الحس باتجاه صاعد من المحيط نحو المخ ، بينما تنقل الحبال الامامية أوامر الحركة باتجاه هابط من المخ نحو المحيط . وفي الجانبية حزم حسية صاعدة وحزم محركة نازلة .

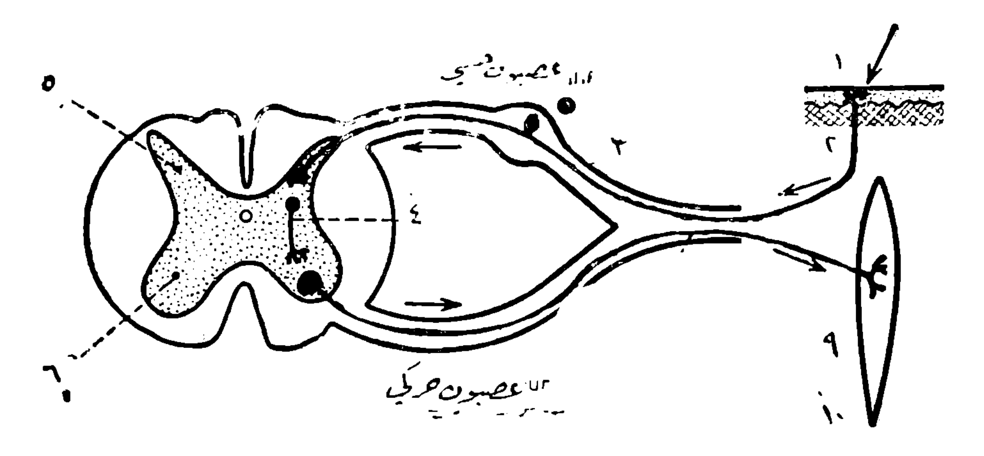
ولنعلم ان سائر أقسام النخاع الشوكي مربوط بعضها ببعض في اليمين واليسار وفي السطوح المختلفة الارتفاع بواسطة الألياف المشتركة.

وظائف النخاع الشوكي : يعتبر النخاع بمادته البيضاء طريقاً للنقل ، وبمادته السنجابية مركزاً عصبياً .

١ — **وظيفة النقل** : ينقل النخاع الشوكي التنبهات الحسية المحيطية من الاعضاء اللاقطة حتى الدماغ وقد دلت تجارب قطع أجزاء من المادة البيضاء ، أن الحبلين الخلفيين ينقلان الاحساسات اللمسية . وأن الحبال الجانبية تنقل في حزمها الحسية الاحساسات الحرارية والمؤلمة .

وينقل النخاع الشوكي الأوامر الحركية التي تصدرها خلايا الدماغ ،وذلك في الحبال الامامية ، وفي الحزم المحركة من الحبال الجانبية .

٢ - النخاع مركز عصبي : يتمتع النخاع الشوكي بالقدرة الانعكاسية وهي الخاصة التي تمكن المركز العصبي من تحويل التنبيهات الحسية الواردة اليه إلى تنبيهات محركة ، تحويلاً مباشراً بدون توسط الارادة ، ويسمى الفعل الناتج بالفعل المنعكس وهو يتصف بأنه عمل لا ارادي ولا شعوري . فاذا خربنا دماغ ضفدعة تاركين البصلة والنخاع سليمين وغطسنا أحد أطرافها في ماء محمض بحمض الكبريت نلاحظ أن الضفدع تقلص طرفها فجأة . فندعو هذا التقلص الذي حدث مستقلا عن الارادة عملا انعكاسياً .



شكل (٦٢) العصبونات في قوس الانعكاس في النخاع الشوكي

١ — تنبيه ٢ — جلد ٣ — جذر خلفي ٤ — عصبون الاتصال
٥ — قرن خلفي ٦ — قرن أمامي ٧ — جذر أمامي ٨ — عصب شوكي
٩ — عضلة ١٠ — ارتكاس

عناصر الفعل المنعكس : يتم الفعل المنعكس بتوفر العناصر التالية :

١ — نهايات عصبية حساسه لاقطة تتوضع في الجلد وتتلقى التنبيه المحيطي .

٢ — ليف عصبي حسي ينقل التنبيه الى خلية حسية تقع في العقدة الشوكية فترسله هذه الى باطن النخاع .

٣ ــ خلية محركة في المادة السنجابية تتلقى التنبيه وتصدر أمر الحركة .
٤ ــ ليف عصبي محرك ينقل الأمر الى الالياف العضلية بالتقلص .
وتسمى الدارة على هذا الشكل بقوس الانعكاس ونرى انها تتضمن خليتين عصبيتين (حسية ومحركة) وليفين عصبيين (حسي ، محرك) .

قوانين الانعكاس : ينبغي لحدوث الفعل المنعكس أن لا تقل شدة المنبه عن حد أدنى معين يدعى العتبة وفي هذه الحالة يتقلص الطرف المنبه وحده ، فاذا زدنا شدة المنبه قليلا وبالتدريج نلاحظ تقلص الطرف المنبه ونظيره معاً ، ثم تقلص الاطراف الاربعة ، ثم تقلص عضلات الجسم كلها ، ويفسر هذا بوجود العصبونات المشركة التي تنقل التنبيه إلى المناطق المختلفة من النخاع الشوكي مما يزيد عدد العصبونات المحركة التي يصلها التنبيه .

ولنعلم أننا حين ننبه منطقة حساسة فأول جواب منعكس يصدر عن العضلات المجاورة لمنطقة التنبيه كما أن المنبهات التي دون العتبة تحدث بتواليها وتكرارها جواباً معيناً .

وأخيراً فالفعل المنعكس بالرغم من كونه آلياً لكنه موجه يهدف الى الابتعاد عن المنبه ، فالضفدع تبعد طرفها عن الحمض والنائم يسحب يده بعيداً عن ابرة وخزته .

أهم المنعكسات النخاعية : يمثل الفعل المنعكس الناحية الابتدائية من الاعمال العصبية ، فهو بارز في الحيوانات الدنيا بكثرة بينما نجد في الانسان أن المخ يخفف وطأة المنعكسات خاصة حين اليقظة وذلك بتعديل شدتها ومن أشهر مراكز الانعكاس في النخاع : ــ مركز المشي اللاشعوري ، ومركز تسريع حركات القلب ، والمنعكس الحدقي ، والمنعكس الداغصي ، ومركز افراز العرق ـ ومركز تقلص المثانة والشرج بالاضافة الى جملة انعكاسات وترية وجلدية .

ما ينجم عن التلف النخاعي : يحدث تخريب النخاع الشوكي خدراً (فقدان الحس) وشللا (فقدان الحركة) وضموراً في العضلات وهبوطاً في ضغط الدم ، وانخفاضاً في درجة

الحرارة ، واسترخاء المصرات كما يؤدي الى سلس البول والغائط وتتحسن هذه الاعراض بنشاط الجملة الاعاشية التي تنمو فيزيد شأنها وتعوض بعض الشيء عن النخاع الشوكي .

ب — **الدماغ** : هو مجموع المراكز العصبية الساكنة في صندوق الجمجمة ، وتزن ١٣٦٠ غرام ، ويشمل الدماغ على عدد من المناطق المختلفة النمو ، فمن الاسفل الى الاعلى نميز : البصلة السيسائية والمخيخ ، ومضيق الدماغ والمخ وهو اكبرها وتحتوي هذه المراكز جميعاً على أجواف تدعى البطينات متصلة ببعضها وتعتبر امتداداً للقناة السيسائية التي تمر في مركز النخاع الشوكي .

« البصلة السيسائية »

تعريفها : هي القسم الذي يصل النخاع الشوكي ببقية أقسام الدماغ ، وهي قطعة بيضاء متسعة ، شكلها هرمي قاعدتهـا في العالي ويبلغ طول البصلة ٣،٥ سم وتزن بضعة غرامات يسكن قسم منها في جوف القحف ويمتد قسمها الاخر في القناة الفقرية .

وصفها : من الامام : تتكون من هرمين أماميين بينهما ثلم ضيق ويعلوهما قنطرة بيضاء تدعى الحدبة الحلقية .

من الخلف : تتكون من هرمين خلفيين متباعدين بينهما انفراج على شكل معين يدعى البطين الرابع يغطيه المخيخ ويمتد في منتصفه ثلم يدعى ساق قلم الكتابة ينشأ من نقطة انفراج الهرمين بنقطة تدعى عقدة .

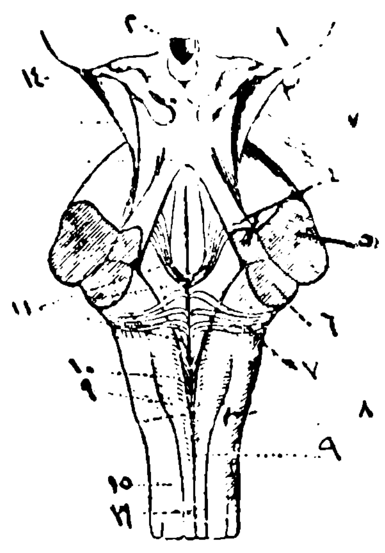
من الجانب : هنالك برزتان صغيرتان هما برزتا الجانب تكونتا من انضغـاط الاقسام الجانبية بتباعد الهرمين الخلفيين .

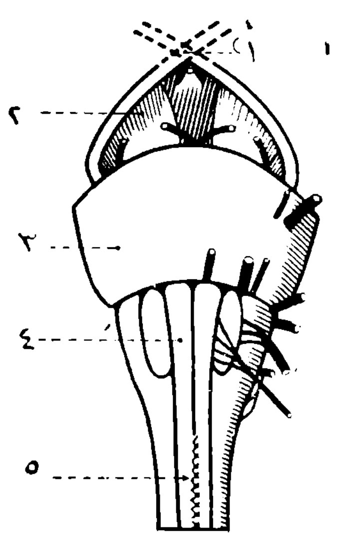
بنيتها : تتألف من مادة سنجابية باطنة على شكل كتل تدعى النوى السنجابية وهي حسية في الخلف وحركية في الامام (كما في النخاع) وتنشأ منها الازواج السبعة الاخيرة من الاعصاب القحفية .

أما المادة البيضاء فحبطية وتتألف من امتداد الحبال التي ذكرناها في النخاع الشوكي حيث يطرأ على حزمها تصالبات مختلفة .

وظائفها : تعتبر البصلة بمادتها البيضاء طريقاً للنقل وبمادتها السنجابية مركزاً عصبياً.

١ — وظيفة النقل : تصل التنبيهات الحسية الآتية من النخاع الشوكي الى البصلة فتمررها نحو الاقسام العليا من الدماغ .





شكل (٦٤) وجه البصلة الخلفي (العلوي) بعد قطع المخيخ

١ - سرير بصري ٢ - بطين ثالث ٣ - حدبة توأمية ٤ - سويقة مخيخية عليا ٥ - سويقة مخيخية متوسطة ٦ - سويقة مخيخية سفلية ٧ - خطوط سمعية ٨ - هرم خلفي ٩ - ثلم خلفي ١٠ - منقار القلم ١١ - بطين رابع ١٤ - غدة صنوبرية ١٥ - حزمة بورداك ١٦ - حزمة غول

شكل (٦٣)

وجه البصلة الامامي (السفلي)

١ - التصالب البصري
٢ - سويقة مخية
٣ - الحدبة الامامية الحلقية
٤ - هرم أمامي
٥ - تصالب الالياف

كما تصل التنبيهات الحركة الاتيـــة من أقسام الدماغ الى البصلة فتمررهـا نحو النخاع الشوكي .

٢ ــ البصلة مركز عصبي : في البصلة مراكز هامـة للافعال الانعكاسية ، فهي تنظم سير الاعمال في أجهزة التغذية ، والحيوان يعيش اذا قطعت سائر مراكزه العصبية ما عدا البصلة أما إصابة البصلة فتؤدي الى اختلاف وظائف التغذية . وقد تفضي الى الموت بحسب المنطقة المصابة

أهم المنعكسات البصلية : في البصلة مركز التنفس ، ويقع في قاع البطين الرابـع في عقدة الحياة وهو يتنبه بصورة طبيعية بواسطة غاز الكربون الوارد مع الدم الذي يروي البصلة ، وان ضربة قوية على نقرة الأرنب تؤدي الى موته حالاً . وفيها مركز وقف حركات القلب ، ويؤدي تنبيهه الى وقوف القلب في زمن الارتخاء

ومركز الافراز : وهو ينظم . ١ ــ وظيفة الكبد السكرية واصابته تؤدي الى ظهور السكر في البول ،

٢ ــ ومركز البول الذي تؤدي اصابته الى زيادة كمية البول المفرزة ، وإلى ظهور الآحين في البول .

٣ ــ ومركز حركات البلع ، والسعال ، والمضغ ، والالعاب الخ ...

المخيخ

هو كتلة عصبية تقع خلف البصلة وفوقها قليلاً ويتألف من ثلاثة فصوص :
فصان جانبيان يسمى كل منها بنصف الكرة المخيخية وفص متوسط . يدعى الفص الدودي وسمي كذلك لوجود أتلام معترضة على سطحه تقسمه الى عدد من الحلقات . وفي

سطح الفصين الجانبيين تلافيف مخيخية . ويتألف المخيخ من مادة سنجابية في المحيط ومن مادة بيضاء في المركز .

وظائفه : تنحصر وظيفته في تنسيق التقلصات العضلية وتقويتها ليضمن بذلك اتزان البدن وحركته .

اقسام مضيق الدماغ ووظائفها

تعريف : تطلق كلمة مضيق الدماغ على كتلة دماغية تجمع بين البصلة والمخيخ من جهة والمخ من جهة أخرى . وتشتمل على أقسام عصبية تقع في الوجه السفلي من الدماغ وأقسام أخرى في الوجه العلوي .

في الوجه السفلي نجد :

١ ــ الحدبة الحلقية : وتقع فوق البصلة ، لونها أبيض ، مادتها السنجابية مركزية تنشأ عنها بعض الاعصاب القحفية . وتقوم مادتها البيضاء بوظيفة نقل .

٢ ــ الساقان المخيتان : وهما بشكل حبلين ضخمين من المادة البيضاء يصلان الحدبة الحلقية بالمخ ، وهما طريق الحس الصاعد والحركة النازلة .

٣ ــ الغدة النخامية : وتقع في الوجه السفلي من المخ ، تمتلي سرج العظم الوتدي ، ويعتبر لها فص خلفي عصبي وفص أمامي غدي يصل بينهما فص متوسط ، وهي من الغدد الصم (سنذكر وظائفها في حينه) .

وفي الوجه العلوي نجد :

١ ــ **الحديبات التوأمية الاربع** : وهي أربع برزات تقع أمام المخيخ وتتوضع

اثنتـان أماميتان واثنتان خلفيتان أصغر من الاماميتين ، ولون الحديبات أبيض ومادتهـــا السنجابية مركزية . وتعتبر الحدبات مرحلة تمر فيهـا سائر الاحساسات البصرية لذا يحدث تخريبها عمى ، ولهـا دور في التنسيق والتوازن . وتسبب آفات الحدبتين الخلفيتين صمماً بيناً .

٢ ــ **الغدة الصنوبرية** : جسم مفرد محمر يقـع في انخفاض بين الحدبتين التوأمين الاماميتين ، ليس فيه الياف أو خلايا خاصة به . وهي من الغدد الصم .

٣ ــ **السريران البصريان** : كتلتان عصبيتان تقعان أمام الحدبات التوأمية . ويعتبران مرحلة تمر فيها الالياف الحسية الصاعدة الى قشرة المخ كما يعتبران مركزين عصبيين لبعض المنعكسات الروحية كالضحك والبكاء والالم ، وتتجلى هذه الحالات بحركات عفوية تصدر أوامرها منها كتبدل نظم التنفس ، ونظم القلب ، وافراز الدموع وتقلصات المثـانة ؛ بيد أن للمخ تأثير ناه في هذه الوظيفة .

٤ ــ **الجسمان المخططان** : كتلتان عصبيتان تقعـــان أمام السريرين البصريين وإلى الوحشي منهما قليلاً ، لونهما ضارب للحمرة ، ويعتبران مرحلة تمر فيها الحزم المحركة النازلة ومراكز عصبية ذات شأن في التحريك اذ تحدث آفاتها اضطرابات في المشي والوقوف والتصويت والبلع ، وزيادة في المقوية والتقلصات العضلية .

المخ

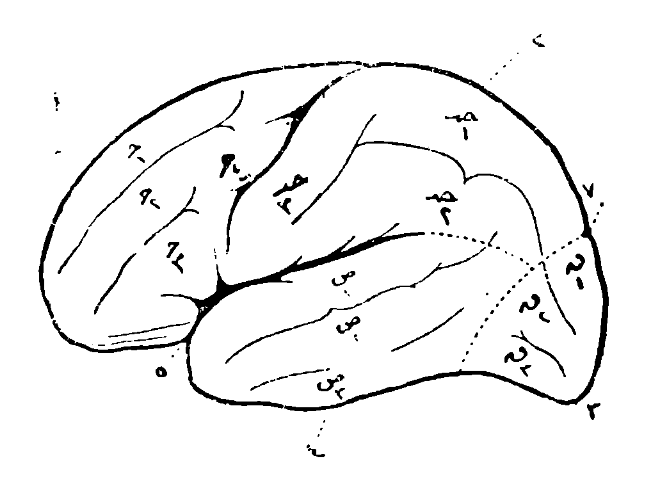
تعريفه : هو أضخم قسم من اقسام الدماغ يمتد من مقدمة القحف إلى مؤخره حتى يغطي قسماً من المخيخ ، لونه سنجابي ويزن ١١٦٠ غ .

وصفه : يقسم المخ على الخط المتوسط شق أمامي خلفي عميق ، فيتألف المخ هكذا من نصفي كرتين مخيتين يتسع سطحاهما اتساعاً كبيراً بوجود تلافيف سنجابية ويفصل

هذه التلافيف عن بعضها شقوق أهمها : شق سيلفيوس وشق رولاندو ، والشق المهازي (القائم) فتقسم كل نصف كرة مخية الى أربعة فصوص : جبهي ، وقفوي ، وصدغي ، وجداري .

ويفصل نصفا كرتي المخ بجسرين من المادة البيضاء متطبقين يسمى أعلاهما الجسم الثفني ويسمى السفلي مثلث المخ .

البطينات : يشاهد في وسط كل نصف كرة مخية جوف يدعى البطين الجانبي سقفه من الجسم الثفني ويحده في الاسفل الجسم المخطط أماماً والسرير البصري خلفاً ويتصل البطينان الجانبيان بواسطة فرجة (فرجة مونرو) مع البطين الثالث الذي يقع بين السريرين البصريين ، ويتصل البطين الثالث بقناة سيلفيوس التي تجتاز مضيق الدماغ إلى البطين الرابع في البصلة .



شكل (٦٥)

١ - الفص الجبهي ٢ - الفص الجداري ٣ - الفص القفوي ٤ الفص الصدغي ٥ - شق سيلفيوس ٦ - شق رولاندو ٧ - الشق القائم (المهازي)

بنيته : يتألف من مادة سنجابية في المحيط تكوّن قشرة المخ وتتألف ١ - من خلايا حسية سطحية ، ٢ - خلايا محركة عميقة ، ٣ - خلايا كثيرة الاشكال في اعماق القشرة ٤ - خلايا مشركة تصل بين مختلف تلك الخلايا ، اما المادة البيضاء فتكون باطنية وتتألف من : ١ الياف مشركة قصيرة تصل مختلف مناطق نصف

الكرة نفسه ، ٢ ـ ألياف التقائية تمر بالجسم الثفني ومثلث المخ فتصل النواحي المتناظرة من نصفي الكرتين ، ٣ ـ ألياف ارتسامية بعضها حسي صاعد و بعضها محرك نازل ، وهي تصل المخ بالاقسام السفلى وبالعكس .

وظائفه: المخ مقر الفكر والارادة والذكاء والانتباه والذاكرة والشعور والحس والحركة ، ويعتقد أن في في القشرة السنجابية للمخ مراكز خاصة لكل وظيفة حسية أو حركية تدعى المراكز الارتسامية : فالفص الجبهي مصدر الحركات الارادية جميعاً . وفي الفص الجداري مركز حس اللمس . وفي الفص القفوي مركز الرؤية ، ويشغل مركز السمع الفص الصدغي . ويظن أن مراكز الشم والذوق تقع أمام مركز السمع .

شكل (٦٦) الياف المادة البيضاء في المخ
آ الياف حسية صاعدة ب ـ الياف محركة نازلة
جـ ـ الياف ارتسامية (الاكليل المتشعشع)
٥،١ - ليف مشرك ٢ - الياف التقائية ٣، ٤ ـ خلايا هرمية ٦ ـ الجسم الثفني ٧ نصف كرة مخية

ولا تشغل المراكز السابقة سوى ثلث مساحة القشرة السنجابية بينما يشغل الثلثين الباقيين مراكز مشركة متصلة مع بعضها ومع المراكز الارتسامية ، ويظن أنها المراكز المفكرة التي تسيطر على الفكر والذكاء والارادة وتشرف كذلك على عمل المراكز الارتساميه فتنظمه ، وقد ميز منها : ١ ـــ مركز مشرك أمامي جبهي يتصف بكونه معدل للانعكاسات الشوكية . وإن آفة تصيب هذا المركز تقلب طباع الانسان فيصبح شرساً لايضبط نفسه أو يكبح عواطفه . ٢ ـــ مركز مشرك خلفي يمتد بين الفص الجداري والقفوي لوحظ نموه في بعض من العباقرة .

الاعصاب الدماغية الشوكية

تنتشر في الجسم شبكة من الاعصاب التي تنشأ من المراكز العصبية كالدماغ والنخاع الشوكي لتحمل الى هذه المراكز ما تتلقاه من تنبيهات محيطية ولتحمل الى العضلات أوامر بالحركة والى الغدد أمراً بالافراز ، ونميز بين الاعصاب الشوكية والاعصاب القحفية .

١ — **الاعصاب الشوكية** : تصدر عن النخاع الشوكي وعددها ٣١ زوجاً ينشأ كل منها من جذر خلفي حسي يمر بعقدة شوكية ومن جذر أمامي محرك فيشكل مجموعها عصباً شوكياً مختلطاً وينقسم كل عصب بعد خروجه من ثقب الانضمام الى فرعين فرع ظهري وآخر بطني، فتسير الفروع الظهرية مفردة ، بينما تجتمع الفروع البطنية بشكل ضفائر ،وتنقل هذه الاعصاب الحس والحركة من والى مختلف أنحـــاء الجسم المحيطية ولها بعض الفروع الممتدة الأحشاء .

٢ — **الاعصاب القحفية**: تصدر عن الدماغ وعددها ١٢ زوجاً وتخرج من ثقوب خاصة في قاعدة الجمجمة ، وقد علمنا أن الأزواج السبعة الاخيرة منها تنشأ من البصلة . ومن هذه الاعصاب ما يختص بنقل الحس (الشمي والبصري والسمعي) ومنها ما يختص بنقل الحركة (الوجهي ،الاشتياقي ، تحت اللساني الكبير ، المحرك المشترك العيني ، المحرك العيني الوحشي، الشوكي) ويرسل بعض هـذه الاعصاب المحركة فروعاً الى الغـــدد (ليف حبل الطبل المتفرع عن الوجهي) . وأخيراً هنالك اعصاب تنقل الحس والحركة معاً فتسمى مختلطة (الرئوي المعدي ، البلعومي اللساني ، مثلث التوائم) .

السحايا : ويسكن المحور الدماغي الشوكي في اجواف عظمية متينة ، ويفصل الكتلة العصبية عن العظم اغشية ضامة تدعى السحايا .

— فيلي العظم مباشرة غشاء ليفي قاس ثخين يسمى الأم الجافية .

— يليه الغشاء العنكوتي وهو ضام قليل الاوعية ينطبق من جهة على الأم الجـافية

ويمتد مركزياً نحو الأم الحنون فيتصل بها بخيوط دقيقة تشبه خيوط العنكبوت وهذا الغشاء مفصول عن الأم الحنون بفراغ تحت عنكبوتي يملؤه سائل يدعى السائل الدماغي الشوكي يمنع انضغاط المادة العصبية .

– ويلتصق بالمركز العصبي غشاء ضام رقيق يسمى الأم الحنون يقوم بتغذية المراكز العصبية .

٢ – الجملة العصبية الاعاشية

تعريف : تسيطر هذه الجملة على وظائف التغذية من هضم وامتصاص ودوران وتنفس واطراح .. تتوزع في الاحشاء والغدد والاوعية الدموية .

اقسامها : تتألف الجملة الاعاشية من قسمين . الجملة الودية والجملة نظيرة الودية . ولنعلم منذ الآن ان هذة الجملة لاتملك مراكز عصبية خاصة قادرة على الاستقبال او الاصدار . فالمراكز العصبية التي تستقبل الحس وتأمر بالحركة او الافراز تكون مستبطنة لنواحي معينة من البصلة والنخاع الشوكي .

١ – **الجملة الودية** : وتتكون من عقد ودية تصطف سلسلتين على جانبي العمود الفقري عدد كل منها ٢٣ عقدة ، وتتألف العقدة من خلايا عصبية تصدر عنها مجموعة من الاليـاف المجردة من النخاعين ، فتشكل الاعصـاب الودية التي تتوزع بشكل ضفائر في الاحشاء المجاورة ، ويكرر ان العقـد الودية ليست مراكز عصبية وانما هي مرحلة في طريق السيالة .

اما الاعصاب الودية فتنقسم الى أربع مجموعات :

آ – **المجموعة الرقبية** : ١ – ترسل الياقاً تعصب أوعية الرأس وتوسع حدقة العين .
٢ – والياقاً تشترك مع أغصان الرئوي المعدي فتكون ضفيرة قلبية ترسل أغصانها الى الاذينتين والبطينين .

ب – المجموعة الصدرية : ١ – ترسل اليافاً تتوزع في القصبات والوتين وشرايين الصدر والخ ...

٢ – واليافاً تجتمع بشكل عصب يسمى العصب الحشوي الكبير الذي يتوزع في البطن وينتهي فوق المعدة بعقدة هلالية .

٣ – واليافـــاً تكون العصب الحشوي الصغير الذي يرسل بعض أغصانه الى العصب السابق ويشكل مع الياف الرئوي المعدي ضفيرة شمـسية ، تتوزع في الحجاب الحـــاجز والمعدة والكبد والطحال والمشكلة والكليتين .

جـ المجموعة البطنية : تكون ضفيرة مساريقية لعصب المساريقا والامعاء والكليتين .

د – المجموعة العجزية : تكون ضفيرة . خُثلية تقع الى جانب المستقيم والمثانـة فتعصب احشاء تلك الناحية .

شكل (٦٧)

١ – عقد رقبية ، ٢ – عقد ظهرية ٣ – ضفيرة قلبية ، ٤ – قلب ، ٥ – العصبان الحشويان الكبيران ، ٦ – العقدتان الهلاليتان ، ٧ – الضفيرة الشمسية ، ٨ – العصب الحشوي الصغير ، ٩ – العقد القطنية ١٠ – الضفيرة المساريقية ، ١١ – العقد العجزية ، ١٢ – الضفيرة الخثلية .

٢ – الجملة قرب الودية : تتألف من خيوط عصبية نشأ بعضها من الدماغ وبعضها من النخاع الشوكي كما نشأ قسم من اليافهـــا من الاعصاب الودية وسميت كذلك لانها تتوزع كالجملة الاولى وتكون دوماً الى جوارها .

وظائف الجملة الاعاشية : تسيطر بقسميها كما أسلفنا على وظائف التغذية فتعصبـــان الغـدد والعضلات الملس في الاوعيـة الدموية وانبوب الهضم ، وتسيطران على التنفس والدوران ، وعملها لا إرادي . وتقسم أعصابها الى ثلاثة أنواع : حسية ، محركة ، مفرزة.

آ – الاعصاب الحسية : وهي تنقل التنبيهات الحسية من الاعضاء المحيطية الى المراكز ، وهي احساسات مبهمة لاشعورية (كملامسة الطعام مخاطية المعدة) .

ب ــ **الاعصاب المحركة** : وهي تحدث الحركات اللاارادية ونميز فيها :

١ ــ الالياف المسرعة والالياف المبطئة . ولنعلم ان كافة الاعصاب الودية مبطئة لحركات الاحشاء عدا ما اتصل بالقلب منها فهو مسرع له . على عكس الياف الجملة قرب الودية ؛ ففي القلب يكون الودي مسرعاً (الضفيرة القلبية) وقرب الودي مبطئاً (الرئوي المعدي) وفي الامعاء يكون الودي مبطئاً وقرب الودي مسرعاً .

٢ ــ الألياف المضيقة والالياف الموسعة : فالألياف الودية تقوم بتقليص الالياف العضلية الدائرية في جدران الاوعية الدموية فتضيق لمتها . أما الالياف قرب الودية فعملها يقتصر على نهي وتعديل عمل الاولى دون أن تؤثر مباشرة على الالياف العضلية ، فتوسع قطر الوعاء عمل منفعل ينتج من توقف عمل الالياف الودية .

وهكذا تنظم هذه الاعصاب كميات الدم الواردة الى الاعضاء بحسب حاجتها . وتسيطر على تنظيم الحرارة الحيوانية .

حـ ــ **الاعصاب المفرزة** : تؤثر مباشرة في الخلايا الغدية فتحضها على الافراز بغض النظر عن كمية الدم الوارد اليها .

وأخيراً فعمل الجملة الودية معاكس دوماً لعمل الجملة قرب الودية .



اعضاء الحس او الحواس

يطلق اسم أعضاء الحس او الحواس على زمرة من الاعضاء تجمع التنبهات التي توقعها على البدن عوامل الوسط الخارجي . وتلتقط هذه التنبيهات الاستطالات الهيولية الخاصة الصادرة عن العصبونات الحسية المحيطية ، وتسير التنبيهات بواسطة الاعصاب الجابذة الى المخ . فالاحساس اذاً هو حالة الشعور التي يحدثها التنبيه .

وأعضاء الحس خمسة : الجلد وهو عضو اللمس ، واللسان وهو عضو الذوق ، والانف وهو عضو الشم ، والعين وهي عضو الرؤية ، والاذن وهي عضو السمع .

وندرس منها حاستين اثنتين هامتين . حاسة اللمس ، وحاسة الرؤية .

الجلد وحاسة اللمس

نستطيع أن نقدر باللمس شكل الاجسام وسمتها وقوامها ووزنها وحرارتها . ومقر اللمس في الجلد .

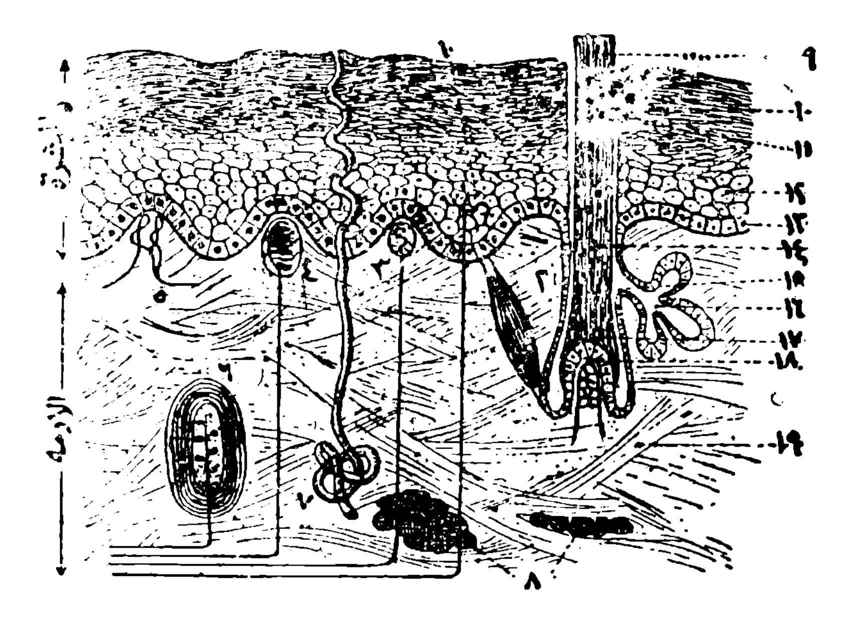
الجلد

الجلد هو كساء الجسم ، ويختلف ثخنه باختلاف الاشخاص واختلاف نواح البدن : فهو رقيق في الاجفان ثخين في راحة اليد وأخمص القدم ، ويزيد ثخنه بتأثير العمل كما في أيدي العمال . ونلاحظ متى قطعنا الجلد قطعاً عرضياً أنه مكون من طبقتين : البشرة والادمة .

البشرة : هي القسم السطحي من الجلد وتتركب من خلايا بشرية مطبقة تنشأ من

انقسام طبقة خلوية عميقة نشيطة جداً تدعى الطبقة المولدة القاعدية تغذيها أوعيــة دموية غزيرة تجري في الطبقة التي تحتها وترتشح فيها في الغالب مواد صباغية تلون الجلد بلونه الخاص.

وتتألف البشرة نفسها من طبقتين : طبقة عميقة تسمى **الطبقة الخاطية** أو طبقة ملبيكي وطبقة سطحية تدعى **الطبقة المتقرنة** التي تحول بقـدر المستطاع دون دخول الجراثيم الى البدن ، وتتوسف (تتفلس) الطبقة القرنية دائماً وتتجدد من أعماقها باستمرار . وإذا دققنا في سطح البشرة رأينا فيه خطوطاً واتلاماً ضيقة عديدة يختلف شكلها من شخص الى آخر ومن ناحية الى أخرى ، ويسمى ما كان منها في الاصابع البصمات الاصبعية . وهي ذات شأن كبير في تعيين هوية الاشخاص .



شكل (٦٨) مقطع في الجلد

١ ـ نهايات عصبية مستبطنة للبشرة ٢ ـ عضلة ناصبة للشعرة ٣ ـ جسم كرواس ٤ ـ جسيم مايسنر ٥ ـ حليمة وعائية ٦ ـ جسيم باشيني ٧ ـ غدة عرقية ٨ ـ نسيج دهني ٩ ـ ساق الشعرة ١٠ ـ الطبقة المتقرنة ١١ ـ جراب الشعرة ١٢ ـ الطبقة الخاطية ١٣ ـ طبقة ماليكي ١٤ ـ الشعرة ١٥ ـ جذر الشعرة ١٦ ـ غدد دهنية ١٧ ـ بصلة الشعرة ١٨ ـ حليمة الشعرة ١٩ ـ نسيج ضام

الادمة : وهي القسم العميق من الجلد وتتألف من نسيج ضام فيه الياف مرنة كبيرة تعطي الجلد مرونته ، ويتـألف قسمها العميق من نسيج ضام رخو يسهل انزلاق الجلد على ما تحته . ونصادف في هذا النسيج الرخو خلايا دهنية كثيرة وتتراكم في بعض الثدييات المائية كالحيتان وفي بعض الثدييات المحرومة من الفراء كالخنازير فتكون طبقة دهنيـــة كثيفة . وفي سطح الادمة عـدد كبير من الحلمات بعضها وعائي يتـألف من شبكة شعرية دموية تغذي الجلد ، وبعضها عصبي يتألف من أغصان عصبيـة وخلايا عصبيـة تقوم بنقل الحس وندرسها بعد قليل .

منتجات الجلد : تنشأ من الجـــلد الغـدد العرقية والشعر والاظافر والغدد الدهنية والعضلات الناصبة للشعر والنهايات العصبية ، وندرسها كلاً حدة :

١ ــ **الغدد العرقية** : وقد سبق الـكلام عنها في بحث الافراز .

٢ ــ **الاشعار** : للشعرة قسم بارز يسمى الساق ، وقسم مستبطن للجلد يدعى الجذر وقاعدة الجذر منتفخة تدعى البصلة ، تتقعر في وجههـــا السفلي فتحيط بكتلة وعائية عصبية تدعى حليمة الشعرة ؛ ويحيط بالبصلة غمد يدعى جراب الشعرة وتتألف الشعرة من خلايا متقرنة .وتميز فيها بشيرة (طبقة متقرنة) وقشرة ولب حي . وفي خلايا القشرة صباغات تعطي الشعر لونه . وقد تتسرب كريات بيض الى قشرة الشعرة فتهضم صبـاغاتها فتبيض الشعرة (كما في حيوانات المناطق الباردة وفي شعر الشيوخ الشيب) او قد تتلف الجراثيم بصلة الشعرة فتفضي الى سقوطها .

٣ ــ **الغدد الدهنية** : تتصل بكل شعرة غدة أو غدتان دهنيتان تفرزان مادة دهنية تطلي الشعرة فتجعلها ناعمة الملمس كتيمة . لا ينفذ الماء منها . وفي الثدييات غـدد دهنية كبيرة تفرز لبناً تسمى الغدد الثديية .

٤ ــ **العضلات الناصبة للاشعار** : هي عضلات صغيرة ترتكز من جهة على قاعدة الشعرة ومن جهة أخرى على البشرة ؛ فاذا تقلصت انتصبت الشعرة .

٥ ــ **الاظافر** : هي صفائح قرنية تستر النهاية الظهرية (العليا) للسلامي الاخيرة في

الاصابع وتتألف من خلايا قرنية ولها قسم ناصع في قاعدتها ويدعى الهليل لستره الحوية (الحاشية) الظفرية وينمو الظفر من منطقة الهليل .

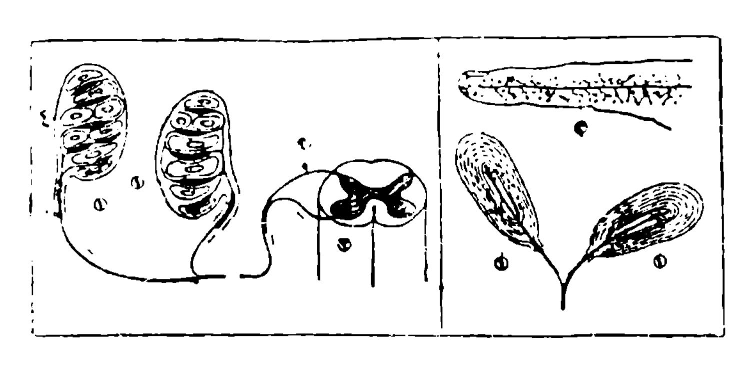
٦ ــ النهايات العصبية : يحتوي الجلد على نهايات الاعصاب الحسية وتقسم الى قسمين :

أ ــ نهايات مستبطنة للبشرة وهي نهايات عصبية متفصنة تتوزع في خلايا الطبقة المخاطية .

ب ــ الجسيمات اللمسية وهي على ثلاثة أنواع :

١ ــ جسيمات كراوس : وهي صغيرة جداً ، تشتمل على محفظة . وتصادف في ملتحمة العين وفي حليمات اللسان الخيطية .

٢ جسيمات ما يسنر وهي اكبر من الاولى ، وتحيط بها محفظة فيها عدد من خلايا الاستناد . وينفذ الليف العصبي الى هذه الجسيمات وينقسم فيها الى ليفات عصبية تنتهي



شكل (٦٩) جسيمات ما يسنر وباشيني اللمسيه

الى اليسار جسيمات مايسنر : ١ ـ استطالة العصبون الحسي المحيطي الهيولية
٢ ـ خلية بشكل T في العقدة الشوكية
٣ ـ القرن الامامي ٤ ـ خلية استناد

الى اليمين جسيمات باشيني : ١ ـ نهايات العصبون المحيطي مع براعمها
٢ ـ عصب الاصابع الجانبي

بأقراص لمسية موزعة بين خلايا الاستناد . وتكثر جسيمات ما يسنر في الاصابع وفي راحة اليد وأخمص القدم .

٣ — جسيمات باشيني وهي جسيمات ضخمـــة تتألف من صفائح متحدة المركز ، متكاثف بعضها حول بعض تحدد في وسطها جوفاً فيه ليف عصبي ينتهي ببراعم . ونشاهد جسيمات باشيني في اعماق الادمة وفي وجوه الاصابع الجانبية وفي العضـــلات والمفاصل والمساريقا والخ ...

وظائف الجلد

وظائف الجلد كثيرة نختصرها بما يلي :

١ — حماية البدن من العوامل الخارجية : أ — يحفظ الجلد العضلات التي يغطيها من العوامل الآلية كالصدمات والاحتكاك الخ ..

ب — ويقاوم الجلد تأثير المواد الكيمياوية كالحوض الخفيفة .

ج — الجلد سيء النقل للحرارة وهو بفضل العرق ينظم حرارة البدن ويدفع أذى الحر.

د — ويدفع أذى البرد ايضاً بما عليه من شعر أو ريش وما يحويه من دهن .

هـ — واخيراً يحول الجلد دون مرور الجراثيم الى البدن .

٢ — التنفس : التنفس الجلدي ضئيل في الانسان .

٣ — الامتصاص : يمتص الجلد الماء بصعوبة لحؤول المفرزات الدهنية دون ذلك بيد انه يمتص المحاليل الغولية (الكحوليه) او الدهنية كالمراهم ، اما الاغشية المخاطية فانها تمتص المحاليل المائية بسهولة .

٤ — الاطراح : يطرح الجلد بواسطة العرق قسماً من الفضلات كما سيأتي ذكره مفصلا في بحث غدد العرق .

٥ — الادخار : يتراكم الدهن في القسم العميق من الادمة حيث يكون احياناً طبقات كثيفة (كما في الحيتان والخنازير) .

٦ ــ الحس : الجلد مقر ثلاثة أنواع من الاحساسات يكون مجموعها حاسة اللمس .

أ ــ الاحساسات اللمسية : وهي احساسات نستطيع بواسطتها معرفة شكل الجسم وسمته وحالته ؛ وتنشأ من تنبيهات آلية تحدثها الاجسام الغازية (الهواء) والمائعة او الجامدة والتنبيه الآلي في هذه الحالة اما ضغط او تماس . وتجمع الاحساسات الناتجة عن التماس جسيمات ما يسنر ، وهي كثيرة في لب الاصابع . وتجتمع الاحساسات الناتجة عن الضغط جسيمات باشيني . وينحصر الاحساس بالضغط ، في نقاط معينة تدعى نقاط الضغط تتوزع في سائر انحاء البدن ما عدا الرأس . ولا تتحسس المناطق الواقعة بين هذه النقاط بالضغط ابداً ، وتزيد الاشعار والاوبار في شدة الحس . وقد وضع مقياس حس خاص يعين بواسطة تفاوت درجة الحس في مناطق البدن المختلفة : وهو دوارة (بيكار) ذات رأسين حادين . فاذا قربنا ساقيها ووخزنا برأسيها الجلد أحدثنا حس وخزة واحدة ، وإذا باعدنا بينهما تدريجياً وصلنا إلى بعد تحدث فيه من الرأسين وخزتان منفصلتان وتدل التجارب اننا نشعر بوخزتين متى كان البعد عن رأسي الدوارة مليمتراً واحداً في رأس اللسان ، و ٣ مم في لب الاصبع و ٣١ مم في ظهر اليد . ويرجع هذا الاختلاف إلى كثرة الجسيمات اللمسية أو قلتها في النواح المختلفة من الجلد .

ب ــ الاحساسات الحرارية : نستطيع بواسطة الجلد ايضاً أن نشعر بالحرارة والبرودة فاذا أخذنا ساقاً خشبية مبرية برياً دقيقاً ، ولامسنا برأسها الدقيق سطح الجلد ، ثم سحبناها ليجري رأسها على الجلد فاننا نحدث في بعض النقاط حس حرارة وفي بعضها الآخر حس برودة . نستنتج من ذلك ان في الجلد نقاطاً يحدث تنبيهها دائماً حساً بالبرودة . وإذا طلينا الجبهة بالمانتول شعرنا ببرودة بينما نشعر إذا طلينا به نفسه معصم اليد بحس حار ، واكثر أقسام البدن حساً بالحرارة : الصدر وجناحا الانف وحوافي الاجفان والخدان (وبها تعرف الكاوية حرارة مكواتها) وظهر اليد .

وإذا خرجت المادة السنجابية في النخاع الشوكي ، او اصابتها آفة بمرض ، فان الاحساسات الحرارية تزول وتبقى احساسات اللمس .

الاحساسات المؤلمة : إذا حركنا على الجلد رأس جسم دقيق (او كررنا التجربة المذكورة في الاحساسات الحرارية) وجدنا بالاضافة إلى نقاط الضغط ونقاط الحرارة السابقة الذكر ، ان في الجلد نقاطاً يحدث تنبيهها حساً مؤلماً فقط ، تدعى نقاط الالم . ويزول حس الالم في أثناء التخدير بالكلوروفورم والاتر والكوكائين ، قبل زوال حس اللمس .

العين والرؤية

تمكننا الرؤية من تقدير أشكال الاشياء وسعتها وألوانها وأبعادها . والعين عضوها الخاص .

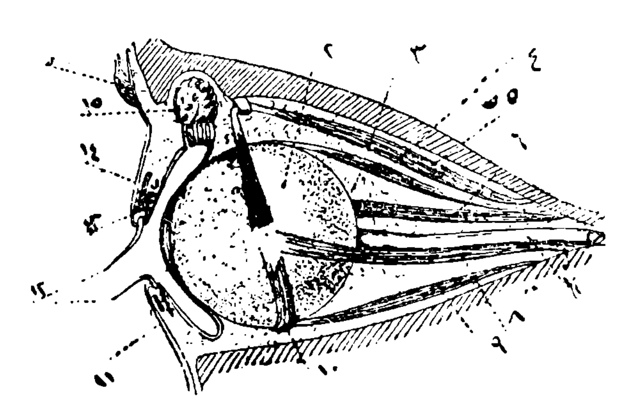
تشريح العين :

تشمل العين : ١ ـ على الاعضاء الملحقة ، ٢ ـ على كرة العين .

أولاً : الاعضاء الملحقة وندرسها على شكل العين . وتدعى هذه الاعضاء بالاعضاء الواقية ايضاً ، وإلى جانبها أعضاء محركة هي العضلات .

شكل (٧٠) العين

١ ـ الحدقة ٢ ـ أهداب ٣ ـ التواء نصف هلالي ٤ ـ اللحيمة ٢ ـ الزاوية الأنسية ٦ ـ النقطة الدمعية ٧ ـ الطبقة الصلبة ٨ ـ القزحية ٩ ـ الجفنان .



شكل (٧١) الاعضاء الملحقة بالعين والعضلات

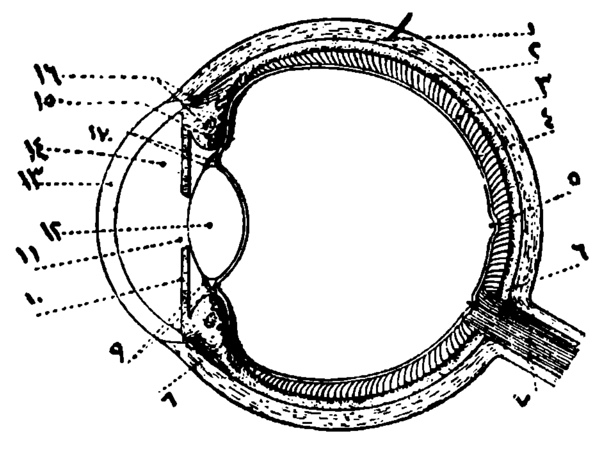
١ ـ حاجب ٢ ـ مقلة ٣ ـ محفظة تينون ٤ — العضلة المنحرفة الكبيرة ٥ — العضلة المستقيمة العلوية ٦ — العضلة المستقيمة الانسية ٧ — العصب البصري ٨ — العضلة المستقيمة الوحشية ٩ — العضلة المستقيمة السفلية ١٠ — العضلة المنحرفة الصغيرة ١١ — الجفن السفلي ١٢ — الاهداب ١٣ — غدة ميبوميوس ١٤ — الظفر الغضروفي ١٥ الغدة الدمعية .

ثانياً ـ المقلة « كرة العين »

المقلة كرة يبلغ قطرها ٢٣ مم ، تشتمل على أغشية مغلفة وأوساط شفافة أو كاسرة .

أ ـ الاغشية المغلفة: ويسميها بعضهم طبقات العين وعددها ثلاث :

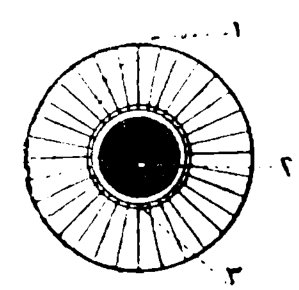
أ ـ الطبقة الصلبة : تقع في الظاهر وهي ليفية مقاومة تحمي محتويات العين ، وتعرف عادة باسم بياض العين ولونها أبيض وثخنها ١ مم ، وتتبدل هذه الطبقة في قطبها الامامي فتتحدب وترق حتى تصبح شفافة فتكون القرنية الشفافة ولها في الخلف ثقب يمر منه العصب البصري .

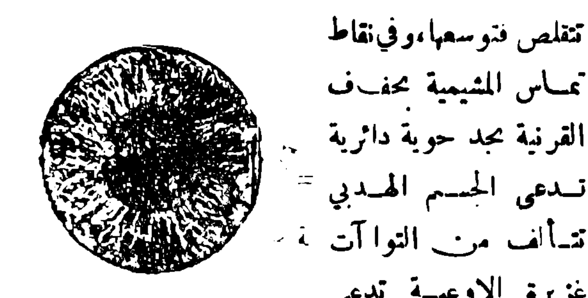


شكل (٧٢) مقطع المقلة « كرة العين »

١ — الصلبة ٢ — المشيمية ٣ ـ الشبكية ٤ ـ الغشاء شبه الزجاجي ٥ ـ اللطخة الصفراء ٦ ـ النقطة العمياء ٧ ـ العصب البصري ٨ — منطقـــة زين ٩ ، ١٧ — الرباط المعلق ١٠ — القزحية ١١ — الحدقة ١٢ — الجسم البللوري ١٣ — القرنية الشفافة ١٤ — الخلط المائي ١٥ ـ الزوائد الهدبية ١٦ — العضلات الهدبية .

٢ ـ الطبقة المشيمية : تنطبق على الوجه الباطن من الصلبة وتتألف من نسيج ضام رخو غزير الاوعية يغذي العين ويصطبغ وجهها الباطن بصباغ أسود وفي المغربين (بيض الشعر) المصابين بالاغراب يفقد الصباغ فيبدو صباغ العين محمراً . وتتسطح المشيمية في الامام وراء القرنية لتكون القزحية ، وفي مركز القزحية ثقب مدور يدعى الحدقة أو الانسان . وتتألف القزحية من نسيج ضام غزير الاوعية ، يتلون بالازرق أو الاخضر أو العسلي أو الاسود بحسب الاشخاص ، ومن عضلات ملس دائرية تتقلص فتضيق الحدقة ، وعضلات ملس شعاعية تتقلص فتوسعها ، وفي نقاط تماس المشيمية بحفاف القرنية نجد حوية دائرية تدعى الجسم الهدبي تتألف من النواتات غزيرة الاوعية تدعى الزوائد الهدبية ومن عضلتين هدبيتين ملساوتين الواحدة حلقية والثانية مستطيلة ترتكز من جهة على حفاف الجسم البلوري ومن جهة ثانية تنتشر الیافها كالمروحة على المشيمية وتكون هاتان العضلتان جهاز المطابقة .





شكل (٧٣) القزحية والحدقة

١ ـ عضلات شعاعية ٢ ـ الحدقة ٣ ـ العضلات الدائرية

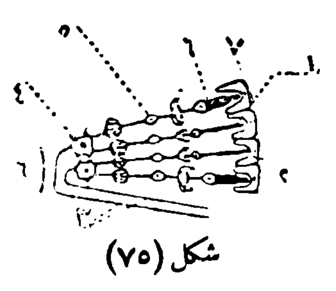
٣ ـ الطبقة الشبكية : هي الطبقة الحساسة وتبطن المشيمية في جوف العين .

وتتألف الشبكية قسمياً من انتشار الياف العصب البصري . ونهايات هذه الالياف مجهزة باجهزة لها حساسية خاصة ، واذا قطعنا الشبكية قطعاً معترضاً بدت فيها ثلاث طبقات من الخلايا العصبية نذكرها من الباطن الى الظاهر :

أ ـ طبقة الخلايا كثيرة الاقطاب التي تجتمع محاورها لتكون العصب البصري .

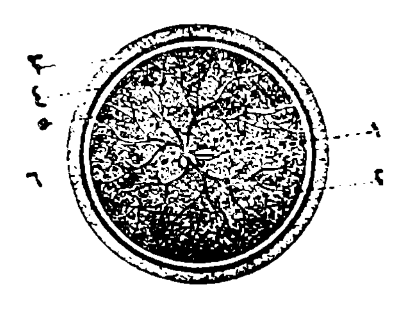
ب ـ طبقة الخلايا ذات القطبين وهي خلايا تصل خلايا الطبقة السابقة بخلايا الطبقة اللاحقة فهي اذن عصبونات مشتركة .

ج ـ طبقة الخلايا المبصرة وتكون فيها الخلايا على نوعين : خلايا بشكل المخاريط وخلايا بشكل العصي وهي خلايا تبرز منها استطالات هيولية عصوية اسطوانية ملونة بالارجوان الشبكي ، المادة الحساسة بتأثير النور .


شكل (٧٥)

انعطاف الياف العصب البصري وعودتها الى الوحشي

١ ـ عصا ٢ ـ خلية صباغية من خلايا المشيمية ٣ـ الصلبة ٤ ـ المشيمية ٥ ـ عصبونات ذات قطبين ٦ ـ مخروط


شكل (٧٤)

وجه الشبكية المقعر « قعر العين »

١ـ اللطخة الصفراء ٢ ـ الاوعية الدموية ٣ ـ الياف العصب البصري ٤ ـ عصبونات كثيرة الاقطاب ٥ ـ النقطة العمياء

ويشاهد في الشبكية فى قطب العين الخلفي ، انخفاض يدعى اللطخة الصفراء ليس فيه سوى مخاريط فقط وتبلغ حدة البصر في هذه اللطخة اقصى شدتها اما منطقة دخول العصب البصري فمجردة من الخلايا البصرية وهي لا تبصر لذا سميت النقطة العمياء .

ب ـ **الاوساط الشفافة او الكاسرة :** تتألف هـــذه الاوساط من القرنية الشفافة والجسم البلوري والخلط المائي والخلط الزجاجي .

القرنية الشفافة : وهي القسم الامامي من الطبقة الصلبة الذي رق حتى اصبح شفافاً وتبارز قليلا كزجاجة الساعة . وهي تتألف من الامام من نسيج بشري مطبق ، وفي الوراء من بشرة تفرز خلاياها الخلط المائي . والقرنية مجردة من الاوعية تتغذى خلاياها بالحلول . وتقدر قرينة انكسارها بـ ١٫٣٥ .

الجسم البلوري : وهو عدسة محدبة الوجهين اكثر تحدباً في الوراء منها في الامام . قطره ٩،٠ وتحيط به محفظة مرنة يسمى قسمها الامامي الغشاء شبه البلوري الامامي ويسمى قسمها الخلفي الغشاء شبه البلوري الخلفي . وتتألف بشرة الجسم البلوري الامامية من خلايا مكعبة مسطحة بينما تتألف كتلة الجسم الباقية من نواة صلبة كروية . وتقدر قرينة انكساره بـ ١،٤٥ .

الخلط المائي : وهو مركب من ماء وأملاح معدنية ، تفرزه خلايا بشرة القرنية الخلفية فيملأ بيت **العين** الامامي الذي تحده من الامام القرنية ، وفي الوراء القزحية ، وتقدر قرنية انكساره بـ ١،٣٧ .

الخلط الزجاجي : وهو مادة هلامية شفافة قرينة انكسارها ١،٣٥ تملأ قسم العين الخلفي (ثلاثة أرباع كرة **العين**) . وينشأ من جوار الجسم الهدبي الرباط المعلق الذي يمسك الجسم البلوري في مكانه .

١
٢
٣
٤
٥

شكل (٧٦)

مقطع الجسم البلوري ووجهه الخلفي

١ ـ نواة ٢ ـ الغشاء شبه الزجاجي الخلفي

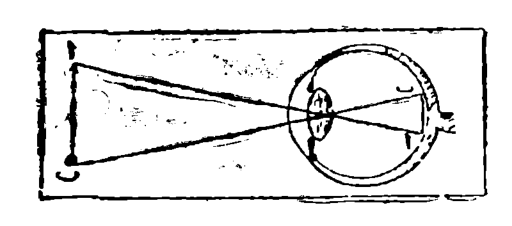
٣ ـ الغشاء الزجاجي الامامي

٤ ـ الياف ٥ ـ البشرة الامامية

وتؤلف هذه الاوساط الاربعة جملة بصرية تعادل عدسة مقربة مركزها البصري على بعد ٧ مم وراء القرنية . وقرينة انكسارها ١،٤٠ أما بعدها المحرقي في الحالة الطبيعية فهو ١٥ مم وتقريبها ٦٠ كسيرة .

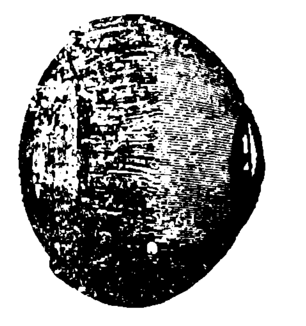
آلية الرؤية : تعتبر العين جهازاً بصرياً يكوّن للاجسام الواقعة أمامها صوراً حقيقية تقع على الشبكية فتتلقى الشبكية هكذا التنبيهات الضوئية وترسلها بواسطة العصب البصري الى مركز الرؤية (الفص القفوي) .

تكون الصورة : تتكون الصور في العين السليمة المستريحـــة في اللطخة الصفراء



تكون الصورة الشبكية





صور شمعة في عين ثور

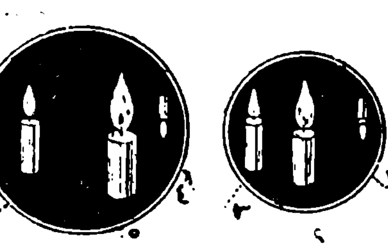
من الشبكية، وهي صـور حقيقيـة مقلوبة أصغر من الاجسام ، الـتي تبعد عن العين في هذه الحالة ٦ متراً فأكثر ولاثبات ذلك نأخذ عين ثور وننزع منها القسم الخلفي من مشيمتها ومن طبقتها الصلبة ، ثم نضع أمامها شمعة مضيئة فتبدو الصورة على شبكيتها واضحة مقلوبة الشكل .

شكل (٧٧) ترسيم يبين لزوم المطابقة

١ ـ خيال الجسم البعيد ٢ ـ خيال الجسم المقرب (وراء الشبكية)
٣ ـ الجسم المقرب ٤ ـ الجسم البعيد ٥ ـ الشبكية

المطابقة : لنفرض أن العين سليمة وأنها تنظر الى اللانهاية . ولنضع أمامها جسماً نقربه منها تدريجياً الى أقل من ٦٠ متراً ، فنشعر أن الجسم أمامها أصبح قليل الوضوح ويعلل ذلك بوقوع الصورة وراء الشبكية ، وتكون نور منتثر فقط على الشبكية نفسها . ولا تلبث العين أن تعود فترى الجسم واضحاً بفضل عمل تقوم به يدعى المطابقة وتتأكد من ذلك بالتجربة التالية : لنغمض عينينا بضع ثوان ثم لتفتحها فجأة وانتظر الى جسم بعيد فتراه واضحاً بدون

جهد. ثم لنكرر ذلك مرة ثانية ، ولننظر الى جسم قريب، فنرى الجسم في البدء مبهماً ثم يتضح ، بعد جهد تقوم به العينان ، ولكي تقترب الصورة وتتكون على الشبكية يجب بحسب قوانين الضوء ، أن يزيد تحدب الجسم البلوري (العدسة) أي يجب أن يقصر البعد المحرقي ، فالمطابقة اذاً هي زيادة انحناء الجسم البللوري وتبدأ متى بلغ الجسم بعداً معيناً عن العين نقطة المدى (٦٠ متراً) وتستمر ، حتى تبلغ أقصى حدودها متى أصبح الجسم على بعد معين ايضاً من العين (١٢ – ١٥ سم) يدعى نقطة الكثب ومتى جاز الجسم نقطة الكثب نحو العين زال الوضوح زوالاً لا يصلح ، لأن المطابقة تقف عند هذا الحد . وهكذا كلما قرب الجسم زاد تحدب الجسم البللوري ، فيبقى الخيال على الشبكية على الرغم من تبدل الوضع ، وقد اثبتت تبدلات الجسم البلوري بالتجارب التالية :



شكل (٧٨) تجربة بور كنج في اليسار (الكبيرة) الشخص ينظر الى الشمعة في اليمين (الصغيرة) الشخص ينظر الى القريب ١ و ٤ – خيال الشمعه الذي يعطيه وجه الجسم البللوري الخلفي ٢ , ٥ – خيال الشمعة الذي يعطيه وجه الجسم البللوري الامامي (٢ أصغر من ٥ متى نظر الشخص الى القريب) ٣ , ٦ – خيال الشمعة الذي يعطيه وجه القرنية الامامي .

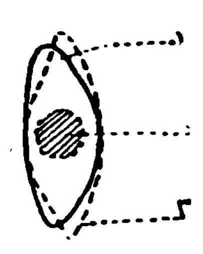
١ – اذا رفعنا الجسم البللوري من عين بطلت مطابقتها .

٢ – تجارب بور كنج: توضع أمام عين انسان ، شمعة مضيئة ينظر اليها ثم تراقب العين من الجانب فتشاهد فيها ثلاثة صور .

أ – (٦) صورة قائمة تعطيها وجه القرنية الامامي الذي يقوم بدور مرآة محدبة .

ب – (٥) صورة قائمة اكبر من السابق وأقل نوراً يعطيها وجه الجسم البللوري الامامي يقوم ايضاً بدور مرآة محدبة .

ج – (٤) صورة معكوسة صغيرة يعطيها وجه الجسم البللوري الخلفي الذي يقوم بدور مرآة مقعرة .

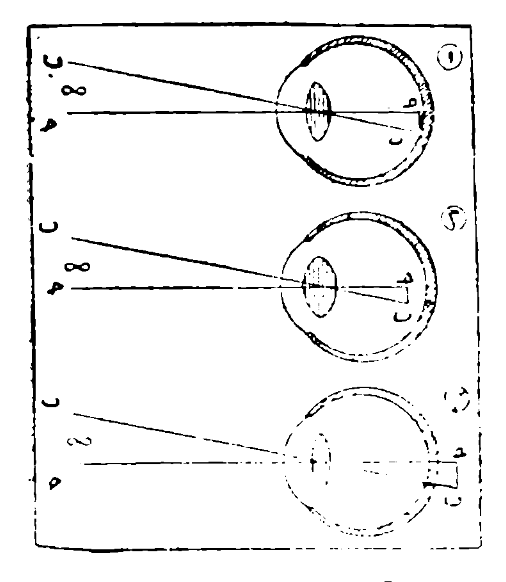


شكل (٧٩)
تبدل تحدب الجسم البللوري بالمطابقة ١ – قبل المطابقة ٢ – نواة ٣ – بعد المطابقة

فاذا نظر الانسان، بدون ان يتحرك، الى جسم اقرب من الشمعة راينا أن الصورتين ٤، ٦ لم تتبدلا (١، ٣) وان الصورة رقم ٥ هي التي تتبدل وحدها فتصغر (رقم ٢) ويدل هذا على أن انحناء وجه الجسم البلوري الامامي قد زاد .

آلية المطابقة: رأينا أن في مركز الجسم البلوري نواة صلبة وان حوافي هذا الجسم لينة، ويزيد تقلص العضلات الهدبية في ضغط العين الباطن زيادة يندفع معها الجسم البلوري الى الامام فيتوتر بذلك رباطه المعلق الثابت في الوراء ويضغط على الاقسام الرخوة من الجسم البلوري التي تندفع الى الوراء بينما تبقى النواة المركزية الصلبة على حالها فتبرز . وهكذا يزيد انحناء وجه الجسم البلوري الامامي نصف ميليمتر تقريباً ويساعد على ضغط حفاف الجسم البلوري ايضاً امتلاء الزوائد الهدبية بالدم وانتباجها وقد صورت عيون قردة في حال الراحة وفي حال المطابقة فوجدت تبدلات في اجسامها البلورية موافقة لما ذكر.

ونستطيع أن نطابق حتى نقطة الكثب (١٢ — ١٥ سم) حيث يبلغ تحدب الجسم البلوري أقصى حدوده . وتتبدل نقطة الكثب مع تقدم السن .



شكل (٨٠) عيوب الرؤية
١ — عين سليمة طبيعية ٢ — عين حسيرة
٣ — عين طامسة

عيوب الرؤية : نذكر منها الحسر والطمس والقدع والشوس .

اولا الحسر (قصر النظر) :

ويكون فيه محور العين الامامي الخلفي طويلاً، ويكون تحدب الجسم البلوري زائداً فتقع صور الاجسام البعيدة امام الشبكية لا عليها لذا تكون الرؤية فيها واضحة واذا قربنا الاجسام من العين بدأت صورها بالوقوع على الشبكية ونسمي بعد الجسم عن العين متى بدأ خياله بالوقوع على الشبكية نقطة المدى وهي البعد الاقصى للرؤية الواضحة، فالحسير لا يرى

من بعد ، ويصلح الحسر بعدسات مبعدة تخفف من تقريب جهاز العين البصري .

ثانياً – الطمس : مد النظر ويكون فيه قطر العين الامامي الخلفي قصيراً ، او يكون تحدب الجسم البللوري قليلاً فتقع صور الاجسام البعيدة وراء الشبكية وتبتعد اكثر فاكثر كلما اقتربت الاجسام من العين ، فلكي تتضح الرؤية ينبغي ابعاد الاجسام عن العين. فالطامس لا يرى عن كثب وتبعد فيه نقطة الكثب حتى ٥٠ سم فأكثر . ويصلح الطمس بعدسات مقربة تزيد في تقريب جهاز العين البصري .

ثالثاً – القدع (مد البصر الشيخي) : تخف مرونة الجسم البلوري تدريجياً مع الزمن وتقدم السن ، وينقص من جراء ذلك تبدل التحدب ، وبالتالي تتحدد المطابقة فلا يرى القادع عن كثب . ويصلح هذا العيب بالعدسات المقربة ويزيد مع تقدم السن .

رابعاً – الشوس : تتصف العين الشوسة بتباين في انحناءآت خطوط عرضها المختلفة ، او بنقص تجانس اوساطها الشفافة وخاصة في تجانس جسمها البلوري . فلا تكون الرؤية واضحة في سائر الاتجاهات القائمة ، ومبهمة حاسرة في الاتجاهات العرضية والعكس وتميل العين في هذه الحالة الى مد الاجسام نحو الاتجاهات التي تتمكن من الرؤية فيها بوضوح ، فتعطيها من جراء ذلك ابعاداً خاطئة ، مثلاً تكون صورة النقطة في العين الشوسة خطاً . ويصلح هذا العيب بالعدسات الاسطوانية المقربة او المبعدة .

دور القزحية : تعطي منطقة المركز في العدسات صوراً اوضح من التي تعطيها العدسات بكاملها ، لذا تحجب حفاف العدسات بحجاب لاجتناب تأثير الزوغان الكروي وحيث ان ان الجسم البلوري يشبه العدسة لذا وجب ستر حفافه بحجاب ، للحصول على صورة واضحة. وحجابه الساتر هو القزحية . فاذا كان النور شديداً كانت الصورة واضحة لتضيق الحدقة المرافق وإذا كان النور ضعيفاً كانت الصورة قليلة الوضوح لاتساع الحدقة الذي يعوض عن ضعف النور ، فيضحي الوضوح هكذا في سبيل الانارة . وقد رأينا ان ضيق الحدقة ينتج عن تقلص عضلات القزحية الدائرية ، وان اتساعها يحدث بتقلص عضلاتها الشعاعية ، ويطلق على هذه الحركة اسم المنعكس الحدقي .

دور الشبكية في الرؤية : يعتبر النور منبهاً طبيعياً للشبكية ، اذ تحدث الاهتزازات الضوئية التي ينحصر تواترها بين تواتر الاشعة الحمراء والاشعة البنفسجية احساسات ضوئية تدعى الاحساسات الجسمية ، بينما لاتحدث الاهتزازات الاخرى خارج هـذه الحدود أي احســاس ضوئي . وهكذا فان الشبكية لاتتنبه بالاشعة فوق البنفسجية ولا بالاشعة تحت الحمراء ولا ينبه النور في الشبكية إلا طبقة الخلايا ذات العصي وذات المخاريط ، فتخترق الاشعة الضوئية طبقات الشبكية حتى تصل اليها . وتحول هذه الخلايا الاهتزاز الضوئي إلى تنبيه عصبي (سيالة) . ويترافق هذا التحويل بتبدلات في الشبكية نثبتها فيما يلي :

١ — تتمدد استطالات الخلايا الصباغية ، بين العصي والمخاريط بالنور ، وتتقلص بالظلمة .

٢ — تقصر رؤوس المخاريط بالنور وتطول بالظلمة .

٣ — يتحلل الارجوان الشبكي بالنور فينعدم لونه .

وهكذا تقضي تبدلات عناصر الشبكية المختلفة إلى تكوين صور ضوئية واضحة للاجسام المنيرة أو المستنيرة فيبقى خيال النواحي المظلمة من الاجسام وردياً بينما يبيض خيال النواحي المستنيرة منها . ويستطاع تثبيت الصورة بوضع العين (المقتلعة من جثة بعد الموت مباشرة ، أو من حيوان) في محلول الشب نسبته ٤ ٪ ومها يكن من أمر فان سيالة عصبية تنشأ في حذاء الشبكية المنبهة ، وتنتقل إلى المخ (مركز الرؤية بواسطة العصب البصري)

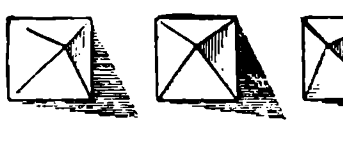
مدة الانطباعات الضوئية : لنحدق مدة الى جسم منير ثم لنغلق عينينا فجأة ، فنشعر باستمرار الاحساس بالنور فترة قصيرة بعد اغلاق العينين . وتختلف هـذه المدة فتتراوح بين $\frac{١}{٢٠}$ الى $\frac{١}{٥٠}$ من الثانية ، فاذا توالت الانطباعات الضوئية على الشبكية بتواتر فتراته أقل من $\frac{١}{٥٠}$ من الثانية ، حدث احساس ضوئي مستمر . والامثلة على ذلك كثيرة في عصرنا فان النجوم الهابطة ترينا خطاً نارياً مستمراً كما ترينا قطعة الفحم المتوهجة إذا حركت بسرعة

خطاً نارياً مستمراً ايضاً . وعلى هذا الاساس بنيت آلات عرض الصور المتحركة (السينما) وصنع قرص نيوتن لتركيب اللون الابيض الخ ..

الرؤية القويمة : كيف نرى الاشياء قويمة وقد بينا أن خيالها منعكس على الشبكية ؟ يجب ان لا نعتبر الشبكية دريئة بسيطية تسقط عليها الخيالات ، بل يجب ان نذكر أنها غشاء حي ، وان الاحساس البصري لا يحدث فيها انما يحدث في المخ مركزه الخاص فتقويم الخيال الشبكي عمل خاص بالمراكز المخية لا شأن للقوانين الفيزيائية فيه ابداً .

الرؤية المضاعفة : يتكون للجسم الواحد خيال في كل عين ، فلماذا لا نرى الجسم مضاعفاً ؟ عندما نحدق إلى جسم نوجه محوه محور عيننا البصري بصورة يتكون خياله معها على اللطخة الصفراء . وتقوم العضلات المحركة بهذا التوجيه فتوجه العينان محوريها نحو نقطة واحدة هي الجسم فتكون الخيالات في نقاط متناظرة على الشبكتين في وقت واحد كما تنتقل التنبيهات منها بالعصبين البصريين في وقت واحد ايضاً ، فتتراكب الصورتان في المركز البصري وتحدثان احساساً واحداً . فاذا وقع الخيالان في نقاط مختلفة على الشبكتين ، حدثت الرؤية المضاعفة ، ونلاحظ ذلك متى ضغطنا باصبعنا على احدى العينين ضغطاً يفسد تناظر الشبكيتين بتبديل اتجاه محور العين . وهذا مايحدث ايضاً في الحول .

الرؤية المجسمة : يرتسم للجسم الواحد خيال في كل عين . وتنشأ الرؤية المجسمة من تراكب هذين الخيالين في مركز البصر ، فهي إذن عمل مخي . ويكفي لاثبات ذلك أن نذكر ان الكمه (العميان ولادة) الذين يستعيدون بصرهم فجأة لايستطيعون تقدير المسافات والنواتيء ، فيظنون ان الاجسام التي يشاهدونها


الرؤية النافرة

تمس أعينهم . كما أن الرؤية بالعين الواحدة لا تعطي إلا فكرة ناقصة عن المسافة والبروز . ويزيد التجسيم باستعمال المنظار المجسم الذي تتطابق فيه صورتان لجسم واحد ، اخذتا من نقطتين مختلفتين .

تقدير بعد الاجسام : نقدر بعد الاجسام بالعين المجردة ، بالاستناد إلى وضوح الاجسام وحجمها الظاهر وبالمقابلة مع اجسام مجاورة معروفة الابعاد ويستطاع تقدير البعد بالعين الواحدة ، وللمران قيمة في ضبط هذا التقدير .

التعب الشبكي : يتعب النور الساطع الشبكية فينقص تنبهها فاذا انتقلنا فجأة من النور الشديد إلى غرفة قليلة الاضاءة فاننا لا نميز فيها شيئاً إلا بعد مرور بعض الزمن . ويعلل ذلك بان الخلايا البصرية التي اتبعها النور الساطع لا تتنبه بخيالات الاجسام الموجودة في الغرفة إلا بعد حين .

* * *

التكاثر في الكائنات الحية

ان القدرة على انتاج كائنات حية جديدة هي من الصفات الأساسية في الحيوانات والنباتات وقد استطاع علماء الحياة الأقدمون فهم كيفية التكاثر في الحيوانات الراقية، أما بالنسبة للكائنات الحية الأخرى فقد ساد الاعتقاد قروناً طويلة بان بعض أشكال الحياة يمكن أن تنشأ من مواد غير حية ، وذلك بالتكاثر العفوي فاعتقد ان الديدان تنشأ من الطين وأن الذباب ينشأ من اللحوم المتفسخة . وقد بدىء منذ زمن فرانسيسكو ريدي بنبذ هـــذه الاعتقادات الخاطئة ، إذ تمكن هــــذا العالم ان يبين في عام ١٦٦٨ أن الذباب لا ينشأ من اللحوم إلا إذا تركت عليها ذبابة حية بعض البيوض . ومع ذلك فقد بقي الاعتقـاد سائداً حتى منتصف القرن الماضي بان الجراثيم والعضويات المجهرية الأخرى تنشأ بصورة عفوية . وفي سنة ١٨٦١ تمكن لويس باستور من نفي وجود التكاثر العفوي وذلك بتعقيمه للمزارع وحفظها بعيدة عن التلوث بالجراثيم أو بذيراتها ، وقد بقيت هذه المزارع المعقمة والمحفوظة مدة طويلة بدون أن يظهر فيها كائنات حية .

اشكال التكاثر :

للتكاثر شكلان رئيسيان : التكاثر الجنسي والتكاثر اللاجنسي ، والفارق بينهما هو وجود خلايا جنسية خاصة تسمى الأعراس .

آ ـ التكاثر اللاجنسي : يسمى التكاثر لا جنسياً عندما يتم بواسطة فرد واحد ليس له جهاز تكاثر خاص ، وتشاهد مثل هذه الطريقة في التكاثر في كثير من الحيوانات والنباتات الدنيا وللتكاثر اللاجنسي أشكال عديدة نذكر منها أهمها :

الانشطار المزدوج: لاتوجد في الواقع طريقة بسيطة للتكاثر ولكن أقل الطرق تعقيداً هو ما كان بواسطة الانشطار الثنائي الذي يحدث في النباتات أو الحيوانات وحدة الخلية . فعندما تصل هذه الكائنات في حجمها حـــداً معيناً تنقسم إلى خليتين بنتين كما يحدث في المتحول إذ ينقسم الفرد إلى نصفين متساويين عادة . فتنقسم النواة اولاً ثم الهيولى الخلوية ، ويتم كل نصف بعد ذلك نموه حتى يشكل فرداً كاملا .

التبرعم : يحدث التكاثر بالتبرعم في كل من الحيوانات والنباتات ، وأبسط أشكاله ما يشاهد في الخمائر المتمضية . فيظهر برعم صغير في طرف الخلية لا يلبث ان يزداد حجمه حتى ينفصل عن الخلية الام . إلا أنه يبقى ملاصقاً لها فتتشكل سلاسل خلوية قد تكون متشعبة.

التجدد : يقصد بالتجدد نمو كائن جديد اعتباراً من أحد أجزائه . فيمكن الحصول على نبـات كامل عندما نزرع منه ورقة أو درنة أو بصلة أو جذراً أو قطعة من أغصانه . ونشاهد مثل هذه الطريقة في التكاثر في الحيوانات فالحيوان المسمى نجم البحر يعيض أجزاءه التالفة ولو لم يبق منه إلا القرص المركزي ، وهذا مايحدث ايضا في بعض أنواع الديدان وتشتد قابلية التجدد في الحيوانات كلما هبطنا سلم الرقي الحيواني وما التئام الجروح في الانسان إلا نوعاً من التجدد وان استحال تعويض العضو المبتور .

التطعيم : وهو وصل نبات بنبات آخر أو وصل جزء من نبات بنبـــات آخر ليلتحما ويعيشا كأنهما نبات واحد ويسمى الجزء الذي يحمل الجذور منها المطعم ، ويسمى الجزء الذي ينشب في المطعم الطعم : وللتطعيم أنواع : التطعيم بالشق والتطعيم الاكليلي والتطعيم بالبرعمة .

آ ـ التطعيم بالشق : تقطع ساق نبات ويصنع فيها شق قائم وتوضع في الشق نهاية غصن فتي مبرية بشكل قلم تحمل برعماً ويشترط في ذلك ان تتوافق الطبقات المولدة في الطعم وفي المطعم وأن يسد الجرح ويربط بأربطة من الصوف حتى يتم الالتئام .

ب ـ التطعيم الاكليلي : يقطع المطعم قطعـــاً معترضاً ثم توضع حول المقطع في القسم المتصل بالجذر بعد تقضيرة ، عدة طعوم وتشد باربطة حتى يتم التحامها .

ح ـ **التطعيم بالبرعمة** : والطعم هنا قطعة من قشرة ساق أو قطعة غصن فيها برعم تدفن في شق على شكل حرف (T) مصنوع في قشرة ساق النبات المطعم . ولا ينجح التطعيم في النبـاتات الا إذا كان المطعم والطعم عائدين الى فصيلة نباتية واحدة مثلا يطعم اللوز بالاجاص والعكس ، والتفاح بالكمثرى ولا يطعم اللوز بالكمثرى . ويستفاد من التطعيم في التكثير السريع وفي اصلاح النوع .

التبوغ :

١ ـ **في النباتات** : تتكون في كثير من النباتات الدنيا أبواغ تعطي نبـاتات جديدة مشابهة للنبات الاصلي،وتتشكل هذه الابواغ عادة في مكان معين من جسم النبات وتشاهد أبسط حوادث التبوغ عندما تفرز الخلية حول نفسها غلافا خاصاً لاتلبث ان تنقسم داخله الى عدد من الخلايا ثم ينفجر هذا الغلاف بعد مدة فتتحرر منه الابواغ وتسقط في وسط المحيط بها ، وتنتشر اذا كان هذا الوسط ملائماً . وتتشكل في الفطور والطحالب اكياس بوغية خاصة تحوي عدداً معيناً من الابواغ يتميز به الفطر او الطحلب .

٢ ـ **في الحيوانات** : يشاهد التبوغ بصورة خاصة ، في الحيوانات البوغية كعامل البرداء اذ تحدث عـدة انشطارات متتالية تؤدي لتكون عـــدد من الابواغ فتنقسم النواة عدة انقسامات تتوزع الهيولى الخلوية حول كل نواة من النوى .

ب ـ التكاثر الجنسي :

يتكاثر معظم الحيوانات والنباتات بهذه الطريقة التي يتكون الفرد الجديد فيها من خلايا جنسية خاصة تنشأ من أبوين اثنين . ويتم ذلك باتحاد خليتين جنسيتين من نوعين مختلفين (ذكر وانثى) . كما رأينا في الحيوانات البذرية والاشنة الخضراء الحلزونية . والشيء الملاحظ في التكاثر الجنسي ، أن الخلايا الجنسية لا تتحد مع بعضهـــا إلا بعـد أن تطرأ عليهـا حادثة انقسام منصف يجعل عـدد الصبغيـات فيها نصف العدد الاصلي وهـــذا ما سنتعرض له فيما بعد .

الاعراس :

يطلق هذا الاسم على الخلايا الجنسية التي تعطي باتحادها خلية واحدة هي البيضة قادرة على بدء نمو كائن من جديد ، ويطلق على هذا الاتحاد اسم الالقاح . وقد تكون الاعراس متشابهة بالشكل أو مختلفة ، وهي تتكون في الكائنات الراقية في أجهزة خاصة تدعى أجهزة التكاثر : الزهرة في النباتات بادية الالقاح والمناسل (الخصية والمبيض) في الحيوانات .

الخنث :

يطلق هذا الاسم على الحالة التي يحمل فيها الكائن الحي كلا النوعين من أجهزة التكاثر كما في دودة الارض التي تحوي جهازي تناسل تامين احدهما مذكر والآخر مؤنث على الرغم من التزاوج الذاتي لايحدث الا نادراً . أما عندما يكون المنسل المذكر في كائن حي مستقل والمنسل المؤنث في كائن آخر فيقال بثنائية الجنس او بالانفصال الجنسي .

الجنس في النباتات :

ينفصل الجنسان في معظم الحيوانات والنباتات فيكون هناك نوعان من الافراد ذكر وانثى . ففي بعض النباتات تحمل الزهرة أعضاء التذكير (الأسدية) واعضاء التأنيث (المدقة) فيقال بان الزهرة خنثى والالقاح يغلب أن يكون ذاتياً ، أما في البعض الآخر من النباتات فالزهرة اما مؤنثة تحمل المدقة او مذكرة تحمل الأسدية ، وانتقال غبار الطلع من الأسدية الى المدقة يتم بواسطة الهواء أو الحشرات .

الجنس في الحيوان والانسان :

يتطلب التكاثر الجنسي في الحيوانات والانسان وجود مناسل تنتج خلايا تناسلية ناضجة هي الاعراس . وتسمى الاعراس التي تنتجها المناسل المذكرة النطف بينما تسمى تلك التي تنتجها المناسل المؤنثة البييضات . ولا يشاهد الخنث في الحيوانات الدنيا (الديدان) . أما

في الحيوانات الراقية ـ وأرقاها الانسان ـ فيوجد دوماً انفصال الجنس عدا بعض الحالات الولادية الشاذة .

تكون الاعراس :

تتكون الاعراس في المناسل : ففي النباتات تتكون البيضات في المبيض (المدقة) بينما تتكون النطف في حبوب الطلع داخل المئبر ، أما في الحيوانات فالخصية تنتج النطف والمبيض ينتج البييضات . وتختلف المظاهر الشكلية لتكون الاعراس في النباتات عنها في الحيوان إلا أن المراحل الخلوية أي المظاهر الاساسية في هذا التكون تبقى واحدة تقريباً في جميع الكائنات الحية التي تتكاثر تكاثراً جنسياً، وكذلك الامر فيما يقال عن الالقاح لذا سنقتصر في بحثنا على ذكر مراحل تكون الاعراس في الانسان فقط .

تكون الاعراس في الانسان :

تتكاثر الخلايا التناسلية الاولى الموجود في المناسل بانقسامها انقساماً معتنفاً يشبه ما يقع في خلايا الجسم الاخرى ، فتنقسم الصبغيات انقساماً طولياً بنصفها تماماً ويؤمن لكل خلية بنت صبغيات مشابهة لصبغيات الخلية الام ومساوية لها بالعدد (أي العدد المضاعف ٢ ن) . وينحدر أحد أفراد كل زوج من هذه الصبغيات من الاب بينما ينحدر الفرد الآخر من الام. وعند اقتراب النضج الجنسي يسرع تكاثر الخلايا التناسلية المذكورة التي تسمى في هذه المرحلة المنسليات المنوية (الخلايا المنوية الابتدائية) في الذكور أو المنسليات البيضية (الخلايا البيضية الابتدائية) في الاناث ، ثم تطرأ على هـــذه الخلايا قبل أن تصبح قابلة للالقاح عدة تبدلات هامة يعتبر الانقسام المنصف في طليعتها وتختلف الاعراس المذكرة عن الاعراس المؤنثة بالشكل والحجم والوظيفة ، ولكن التبدلات النووية الـــتي تطرأ على المنسليات والتي تؤدي إلى تكون الاعراس تتشابه في كلا الجنسين .

تكون النطف :

عندما ينضج الفرد الذكر جنسياً تبدأ المنسليات المنوية بالتكاثر بطريقة الانقسام المعتنف

ثم تمر كل منهـا في فـترة نضـج يزيد فيها حجمها فتسمى الخلية المنوية الأولية وفي الدور الأول من الانقسـام المنصف الاول يظهر في النواة العـدد الصبغي المزدوج (٢ن) [1] . ويتوضع كل زوج من هذه الصبغيات بصورة متوازية تقريباً ، لذا سميت هـــذه الظاهرة بالازدواج .

ثم يبدأ كل صبغي بالانقسام طولياً إلى صبغيين اثنين يبقيان متلاصقين فيصبح كل زوج من الصبغيات الأصلية أربعة صبغيات يطلق على مجموعها اسم رباعية ويتوقف انقسام الصبغيات عند هذا الحد . وبعد ذلك تثخن الصبيغيات وتقصر في كل خلية منوية أولية ، ثم يتشكل مغزل تترتب عليه الرباعيات في مستو استوائي .

وفي الدور الثاني تنفصل الرباعيات الأولية انفصالاً خفيفاً يتلوه في الدور الثالث اتجاه أحد أزواج كل رباعية نحو أحد قطبي الخلية واتجاه الزوج الثاني نحو القطب الآخر. والشيء الملاحظ هنا توزع الرباعيات هذا الى قطبي الخليه لايتبـع قاعدة ما ، فالازواج التي اتجهت الى أحد القطبين هي أزواج خايطة ، أبوية وأمية، تسمى الخلايا الناتجة عن هذا الانقسام الخلايا المنوية الثانوية وتحوي نواها العدد (ن) من الصبغيات أو العدد (ن٢) من الصبيغيات .

يتلو هذه المراحل جميعها وبدون فترة راحة الانقسام المنصف الثاني ويبدأ بشكل مغزل جديد في كل خلية منوية ثانوية وتأخذ الصبغيات أو أزواج الصبيغيات وضعا استوائياً، ثم ينفصل كل صبيغي عن قرينه متجهـاً نحو أحد القطبين ويتجه الصبيغي الآخر نحو القطب المقابل . وتتشكل بهذا خليتان جديدتان تسمى كل واحدة منها النطيفة .

وهكذا تنتج عن كل خلية منوية أولية أربعة نطيفات تحوي نواها العدد (ن) من الصبغيات ، وكل صبغي منها يمثل أحد الصبغين المتقابلين المتوازيين الذين كانا في الخلية المنوية الأولية ، وهو أما أن يكون من الأب أو الأم .

---

(١) يصعب تمييز الصبغيات في النواة التي ليست في دور الانقسام اذ تكون متناثرة في المادة النووية ، مما حدا بالبعض الى اعتبار الصبغي شريطاً مكوناً من جزئيات صبغية وقد ايدت الملاحظات الحديثة صحة هذا الافتراض الى حد كبير .

ولا يقف الأمر عند هذا الحد ، بل يطرأ على النطيفة تطور شكلي يتجلى بفقد كمية كبيرة من الهيولى الخلوية وبتكثف النواة وازدياد ولعها بالمواد الملونة . وهكذا تكون النواة رأساً تتلوه بقية من الهيولى الخلوية تتشكل ورااه قطعة متوسطة فيها جسيم مركزي أو جسيمان وذنبا طويلا متحركا . وتصبح النطيفة بعد هذه التبدلات خلية تناسلية ناضجة تستطيع القاح البيضة فتسمى النطفة . وليعلم أن الاعراس المذكورة لاتخرج من الخصية إلا بشكل نطف .

تكون البييضات :

تتحول المنسلية البيضيه في المبيض الى خاية بيضية أولية بأن زداد حجمها كثيراً ويظهر المخ فيها . أما الازدواج وتكون الرباعيات واختزال عدد الصبغيات فيحدث عاماً كما في تكون النطف ويشذ عن ذلك توضع المغزل الذي يكون هنا هامشيا .

ففي الانقسام المنصف الأول يبقى كامل الهيولى الخلوية تقريباً حول إحدى النواتين ليشكل الخلية البيضية الثانوية وتبقى النواة الأخرى ملاصقة لهذه الخلية بشكل كرية قطبية صغيرة ؛ ويحدث الشيء نفسه في انقسام المنصف الثاني إد تشكل الهيولى الخلوية مع نواة واحدة البييضة بينما تكون النواة الأخرى كرية قطبية ثانية . وتصبح البيضة هذه ناضجة قابلة للالقاح بعد تغير طفيف جداً في موضع النواة . وهكذا فان المنسلية البيضية لاتنتج الا بييضية ناضجة واحدة على الرغم من تشابه الانقسامات النووية في كل من الجنسين. ولا بأس أن يذكر دنا أن الانقسام المنصف في بعض الانواع الحيوانية لايحدث الا بعد دخول النفطة الى البييضه ، أما في الانسان فمن الراجح ان الانقسام المنصف الثاني يحدث بعد الالقاح .

الالقاح :

يدعى اتحاد نطفة مع بييضة ناضجة الالقاح ، كما تعرف الخلية الناتجة عن هذا الاتحاد بالبيضة الملقحة ، وهي خلية تحوي في نواتها العدد (٢ن) من الصبغيات ، وتتجلى حادثة

الالقاح بمظهرين : الاول فيزيائي وهو دخول النطفة إلى البيضة والثاني وظيفي يشمل التبدلات التي تطرأ على كل من الخليتين الجنسيتين قبل اتحادهما . والالقاح حادثة طبيعية غير عكوسة يغلب ان تكون نوعية ، إلا أنه قد يحدث في بعض من الحالات ان تتمكن نطفه حيوان من نوع معين من أن تلقح ببيضة حيوان من نوع آخر ، وينبه الالقاح البيضة لتبدأ التقسيم كما يعمل على جمع صفات الأبوين الارثية في الفرد الجديد .

ويكون الالقاح في بعض الحيوانات خارجياً فتجتمع النطف مع البييضات في ماء البحر مثلا . أما في الحيوانات الاخرى فيكون داخلياً يتم في الرحم أو في الطرق الناقلة للاعراس المؤنثة كما في الانسان . وقد يحدث في بعض الانواع الحيوانية أن تدخل النطفة البييضة قبل أن تتم هذه المراحل تكونها ونضجها ولكن اتحاد النواتين في هذه الحالة لا يتم إلا بعد نضج البييضة التام .

تعين الجنس :

لوحظ عند دراسة الصبغيات أن الخلايا الجنسية والخلايا التناسلية الاوليه تحتوي زوجا من صبغيات غير متماثلة تماماً اطلق عليها اسم الصبغيات المتخالفة ، بينما أطلق اسم الصبغيات المتماثلة على بقية الازواج الصبغية ، وقد اسند علماء الحياة الى الصبغيات المتخالفة دوراً كبيراً في نقل بعض الصفات الارثية الخاصة وفي تعين الجنس نفسه . ثم جاءت التجارب والملاحظات الحيوية مؤيدة لهذه الفرضية .

ويتألف زوج الصبغيات المتخالفة من صبغيين يختلفان عن بعضهما حجما وشكلا ، فسمي الاكبر حجما منهما الصبغي (س) بينما سمي الآخر الصبغي(ع) ؛ وقد يغيب هذا الاخير في بعض الانواع الحيوانية ، وقد وجـــد أن خلايا الاناث تتمتع بزوج من الصبغيات (س) وهكذا اصبح بالامكان أن نرمز للاناث بالصيغة (س س) . أما خلايا الانسان باستثناء أعراسه فتحوي ثمانية وأربعين صبغياً ، زوج من الصبغيات المتخالفة وثلاثة وعشرون زوجاً من الصبغيات المتماثلة ، وفي اثناء الانقسام المنصف ونضج الخلايا التناسلية يفترق الصبغيان المتخالفان عن

بعضها كبقية الصبغيات ، فالأعراس الناتجة اذن أما أن تحوي الصبغي (س) أو أن تحوي الصبغي (ع) وذلك بالاضافة الى ثلاثة وعشرين صبغياً متماثلا : فاذا استعملنا الحرف (م) للدلالة على هذه الصبغيات المماثلة أمكننا أن نمثل احتمالات الالقاح بين الأعراس المختلفة بالشكل التالي :

صيغة الابوين	الاعراس	صيغة الفرد الناتج و جنسه
صيغة المذكر (٢م+سع)	(م+س) (م+س)	(٢م+سس) مؤنث
صيغة المؤنث (٢م+سس)	(م+س) (م+ع)	(٢م+سع) مذكر

فالجنس اذن يتعين بنوع النطفة التي ستلقح البيضة ، ويفسر التساوي العددي لنوعي النطف المتشكلة التساوي التقريبي لعدد الذكور وعدد الاناث في أي نوع حيواني .

وتختلف الانواع الحيوانية من حيث الصبغيات المتخالفة ، ففي بعضها ينعدم وجود الصبغي (ع) فتنقص صيغة الفرد المذكر صبغياً واحداً عن صيغة الفرد المؤنث ، وفي بعضها الآخر تنعكس الآية فيكون وجود الصبغي (ع) صفة مميزة الخلايا الاناث .

لقد سيطرت قبل اكتشاف الصبغيات المتخالفه نظريات عديدة حاولت أن تفسر تعيين الجنس بتأثيرات خارجية أو بامكانيات خاصة داخل هيولى الاعراس ، إلا انها لم تستطع جميها تفسير بعض الظواهر الوراثية التي تتعلق بالجنس تفسيراً مقبولاً كنظرية الصبغيات المخالفة . وعلى الرغم من ذلك فقد بقيت هناك بعض الامور الشاذة في تعين الجنس ، اذ شوهد في بعض من ذباب الفواكه والنحل ازدواج جنسي فتبدي بعض اجزاء الجسم خصائص مذكرة بينما تبدي الاجزاء الاخرى خصائص مؤنثة ، كما شوهـــد في بعض الحيوانات الفقارية تبدل في الجنس ، فالحيوان الذي كان في بدء حياته انثى ينقلب ذكراً .

الغدد الصم والحاثات « الهرمونات »

الحاثات : هي مواد كيمائية ذات تأثير نوعي تفرزها الغدد الصم وتلقي بها الى الدوران لتقوم بتأثيراتها الخاصة في أعضاء معينة من الجسم . ومن الملاحظ أن الحاثات تجتاز بطانات الاوعية الشعرية لتصل الى الدوران فهي لذلك يجب أن تفرز بشكل يمكنها من هـــذا الاجتياز كأن تكون مرتبطة بمواد أخرى قابلة للنفوذ . والحاثات بعد قيامها بتأثيرها يجب أن تطرح أو أن يبطل عملهـا (بالا كسدة غالباً) ويصعب كشف الحاثات في المفرزات بسبب ضآلة كمياتها .

وظائف الحاثات . تقوم الحاثات بالمحافظـة على الوسط الداخلي والنشاط الاعاشي كما يتضح مما يلي :

تشرف الحاثات على استقلاب المـاء والاملاح المعـــدنية والمواد المتحللة بالكهرباء (المتحلكبات) وتعمل على تثبيت كمية السكر في الدم كما تشرف على سير النمو عامة وعلى نمو الاعضاء التناسلية والعظـــام خاصة . وتشرف ايضـــاً على الارتباط الموجود بين قسمي الجهاز العصبي الاعاشي وعلى التوازن بين تأثيراتها وتأثيرات حاثات الغدد الصم الاخرى .

وفي بعض الحالات يتناسب النشاط الافرازي مع نسبة تركيز الحاثات في الدم فتنظم الغدد الصم هكذا كمية افرازها بنفسها .

ويشترط في الحاثة أن تتمتع بالصفتين التاليتين :

أ ـــ أن يؤدي فقدها من الجسم (أثر مرض أو استئصـــال جراحي) الى ظهور عوارض مرضية وفيزيولوجية معينة .

ب ـ أن يؤدي حقنها الى الجسم الذي فقدت منه الى زوال العوارض المذكورة .
ونذكر فيما يلي أهم الغدد الصم ومفرزاتها :

١ ـ **الغدة النخامية** : هي غدة صغيرة تزن نحو نصف غرام وتقع في حفرة على الوجه العلوي للعظم الوتدي (السرج التركي) وتتصل بأرض البطين الثالث الدماغي ، وتتألف الغدة النخامية من فصين أساسيين يختلفان عن بعضهما وظيفياً وتشريحياً .

أ ـ **الفص الامامي او الفص الغدي** : يبدو مجهرياً بشكل نسيج غدي ، ترويه كمية كبيرة من الدم ، وتدل تأثيرات خلاصات هذا الفص على وجود عدد الحاثات فيه :

١ ـ حاثة تنشط النمو .

٢ ـ حاثة تؤثر في استقلاب السكريات وهي الحاثة المولدة لداء السكر وهي تعاكس تأثير الانسولين (مفرز المشكلة الداخلي) .

٣ ـ حاثة تؤثر في استقلاب الجسم وهي الحاثة المولدة للخلون .

٤ ـ أربع حاثات تسيطر على تطور الغدد الصم الاخرى ووظائفها (الدرق وقشر الكظر والغدد الجنسية) .

٥ ـ حاثة مولدة للحليب وتشرف على سير الارضاع ونمو الغدد اللبنية في الثدي .

القصور النخامي : ويتجلى بنقص افراز الحاثات النخامية فاذا حدث هذا القصور أثناء الطفولة توقف نمو الصقل ونمو المناسل وظهرت الدحدحة (قصر في الطول مع بدانة ظاهرة) ويبقى النشاط العقلي مع ذلك سليما . وإذا حدث القصور النخامي أثناء الكهولة (بسبب نخرات في الفص الامامي) ظهرت أعراض تؤلف بمجموعها داء سيموند الذي يتجلى بضمور الدرق والكظرين والمناسل مع غياب شعر البدن .

فرط النشاط النخامي : وهو ازدياد في كمية الحاثات النخامية المفرزة ويحدث عادة بسبب تكون ورم غدي نخامي . فاذا حدث فرط النشاط هذا قبل البلوغ ترافق بازدياد

شديد في نمو الصقل يؤدي الى العملقة ، أما إذا حدث بعد البلوغ فانه يؤدي إلى ازدياد في نمو بعض العظام فقط (عظام الفك السفلي واليدين والقدمين) كما يؤدي الى انحناء في العمود الفقري . وتؤلف هذه الأعراض بمجموعها تناذراً خاصاً يعرف باسم ضخامة الأطراف .

ب — **الفص الخلفي او الفص العصبي** : وهو ينشأ من التواء في قاعدة البطين الثالث . ويتغذى الفص الخلفي بكمية كبيرة من الدم تحملها اليه جملة شعرية منفصلة عن تلك التي تروي الفص الامامي ، وتوحي التجـــارب والتأثيرات الدوائية لخلاصات الفص الخلفي بوجود ثلاثة حاثات :

١ — حاثة الوضع : وتؤثر بصورة فعالة وسريعة في تقلصات عضلة الرحم .

٢ — حاثة مضيقة للأوعية : وتؤثر في الاوعية الشعرية إذ يبـدو على الشخص أثر حقنه بها شحوب واضح يترافق بهبوط في التوتر الشرياني قلما يكون محسوساً ، وربما كان لها بعض التأثير في تقلص العضلات الملساء .

٣ - حاثة مضادة للادرار وتسبب زيادة في امتصاص أنابيب الكلية للماء ، ويؤدي تلف الفص الخلفي الى بوالة وعطش شديد وهما العارضان الرئيسيان في الداء المعروف بداء السكر الذي يشفى باعطاء خلاصات الفص الخلفي .

٢ — **الغدة الكظرية او الكظران**: **وهما** غدتان صغيرتان تقعان خلف صفاق البطن (الباريطون) ويستقر كل منها على قطب الكلية العلوي . ويبدو الكظر عند قطعه مؤلفاً من منطقتين : الاولى ظاهرة لونها مائل للصفرة وتسمى قشر الكظر والثانية باطنية حمراء تسمى (لب الكظر) ، فالكظر إذن كالغدة النخامية يتألف من قسمين يختلفان عن بعضها تشريحياً ووظيفياً .

أ — **قشر الكظر** : ويتألف نسيجياً من خلايا غدية مفرزة . وهو يشكل غدة قائمة بذاتها ضرورية جداً لحياة الفرد .

قصور قشر الكظر : ويظهر غالباً أثر إصابة الغدة المذكورة بالسل (داء أديسون)، ويتجلى باختلال في توازن الاملاح وفي الهضم (غثيان وقيء) وفي استقلاب السكاكر ، كما يتجلى بوهن عضلي ونقص في الوزن وهبوط في التوتر الشرياني وازدياد في اصطباغ الجلد .

فوط نشاط قشر الكظر : ويعود غالباً إلى تكون ورم غدي قشري يؤدي الى ازدياد في افراز الحاثات الجنسية ، لذا تظهر في النساء عوارض الزبب الكظري (ظهور الأشعار في غير مكانها المعتاد) . أما في الأطفال فيحدث بلوغ مبتسر (باكر) .

ب — **لب الكظر** : ويتألف من مجموعة من الخلايا الكبيرة الأضلاع تفرز حاثتين هامتين (الأدرينالين والنور أدرينال) وتلقي بهما الى الجيوب الوريدية التي تكثر في لب الكظر .

الادرينالين : تتمتع هذه الحاثة بتأثيرين أساسيين :

١ — في العضلات الملس والعضلة القلبية : تتأثر العضلات اللاارادية من الادرينالين فتنقبض الشرينات عامة وخاصة في الجلد والأحشاء ، أما في عضلات الصقل فتتسع الاوعية وينشط الدوران . كما وتتأثر من الادرينالين عضلة القلب فتزداد ضرباته شدة وتوتراً ، ويرتفع التوتر الشرياني آنياً كنتيجة لهذه التأثيرات غير أن هذا الارتفاع يكون موقتاً . وكذلك تتقلص العضلات الشعاعية في قزحية العين ومصرات المثانة وألياف الطحال .

٢ — في استقلاب السكاكر : يزداد بتأثير الأدرينالين انحلال الغليقوجين وتحوله الى سكر عنب (غليقوز) في كل من الكبد والعضلات ، وتزداد بذلك نسبة السكر في الدم ، فالادرينالين إذن يعاكس الانسولين في التأثير .

النورادرينالين : وهو الوسيط الكيميائي لنقل السيالة العصبية في الالياف المفرزة للأدرينالين ، ويتحرر من نهايات هذه الالياف لدى تنبيهها ، وهو ايضاً ينبه الأعصاب الجيبية الأبهرية فيبطيء القلب ، كما يحدث تقبضاً وعائياً عاماً وتوسعاً في الأوعية الاكليلية

في القلب . فتأثيراته العـــامة على القلب إذن أقوى من تأثيرات الادرينالين . ويستعمل النور أدرينالين للسيطرة على التوتر الشرياني أثناء العمليات الجراحية إذ ليست له تأثيرات نفسية أو استقلابية .

فرط افراز الادرينالين : ان الانفعـالات النفسية (كالفرح الشديد والخوف) مثلا تزيدان في افرازاته التي تسرع ضربات القلب .

٣ ــ **خلايا جذر لانغرهانس:** وهي الخلايا التي تشاهد في المشكلهوالتي تؤلف بمجموعها غدة صماء مستقلة عن بقية المشكلة . وفي تفرز حاثة خاصة هي الانسولين الذي ينظم استعمال السكريات في البدن إذ يساعد على استهلاك الغليقوز في الأنسجة وعلى تشكل الغليقوجين في الكبد والعضلات ، كما ويوقف تشكل السكريات اعتباراً من الهيولينيات .

نقص افراز الانسولين : ويكون بدرجات مختلفة الشدة وهو حالة مرضية خاصـــة تعرف بداء السكر الذي يتجلى بظهور السكر في البول وبعوارض أساسية ثلاثة : نهم (شدة الجوع) وسهاف (شدة العطش) وبوالة (كثرة كمية البول) . ويظهر السكر في البول لازدياد كميته في الدم عن عتبة أفراغه في الكلية (زيادة سكر الدم) . ويحتاج طرح هذا الفائض من السكر إلى كمية كبيرة من الماء تفسر كثرة البول وحاجة المريض الشديدة إلى الشرب . ويبدأ الكبد - بسبب عدم استطاعة الجسم الاستفادة من السكريات الموجودة في الدم ــ بحل الغليقوجين المخزون فيـه ، ثم لايلبث أن يبدأ (بعد نفاذ هـذا المخزون) بتحويل الحموض الآمينية إلى سكريات ، فاذا لم يعالج المريض في الوقت المناسب ، فقـــد قسماً كبيراً من وزنه بسرعة واضطرب استقلاب غذائه فتتشكل في بدنه حموض عضوية لها تأثير سام يؤدي إلى فقد الوعي (السبات السكري) .

فرط افراز الانسولين : يظهر عند ازدياد نشاط خلايا لانغرهانس أو عنـد اعطاء كميات كبيرة من الأنسولين ، وتختلف شدة العوارض الناجمة باختلاف هـذه الكميات وذلك النشاط . ويؤدي ازدياد الانسولين إلى نقص كبير في كمية سكر الدم يتجلى بعوارض قد تكون خطرة (رجفان ووهن عضلي وتعرق وقلق نفسي) وقد تؤدي في

النهاية إلى فقد الوعي ويشفى المريض بسرعة عند اعطائه قطعة من السكر . ومن المهم أن نذكر أن نقص السكر في الدم يؤدي بفعل انعكاسي إلى تنبيه منطقة ما تحت السرير البصري (مراكز ودية) وبالتالي إلى افراز الأدرينالين الذي يحث على حل الغليقوجين من الكبد والعضلات ، وبالعكس فان ازدياد سكر الدم قد يكون سبباً في تنبيه المبهم لحث افراز الأنسولين .

٤ — **الغدة الدرقية** : وتقع في القسم السفلي من العنق وتتألف من فصين (أيمن وأيسر) يستران جانبي الرغامي ومن برزخ في الامام يصل بينهما . وتتألف الغدة مجهرياً من حويصلات تبطنها طبقة واحدة من خلايا بشروية مكعبة ، وتمتلىء هذه الحويصلات بمادة غروية هلامية لزجة لونها مائل إلى الصفرة تحوي العنصر الفعال الذي تفرزه الخلايا المذكورة ، وهو مادة كيميائية يودية تسمى التيروكسين . وتعتبر التيروكسين حاثة الغدة الدرقية ويكون في الحويصلات بشكل متحد مع الكريوين الدرقي ثم ينتقل الى الاوعية الدموية المجاورة .

قصور الدرق : وهو حالة ينقص فيها افراز التيروكسين وتتميز بانخفاض في درجة الاستقلاب الأساسي يتجلى ببطء في النبض والدوران وهبوط في الحرارة ، فاذا حدث هذا القصور أثناء الطفولة (الكتْم) توقف نمو العظام طولاً بصورة خاصة وتأخر التعظم والبلوغ ونمو الملكات العقلية . أما إذا حدث أثناء الكهولة ظهرت أعراض حالة تسمى الوذمة المخاطية ، وتتجلى بغلظ الجلد وجفافه وسقوط أشعاره وبنقص في الاستقلاب ودرجة الحرارة والملكات العقلية ، كما يتجلى بنقص في تواتر النبض الشرياني وفي القدرة على الكلام . وتشفى هذه الحالة سريعاً باعطاء التيروكسين أو خلاصات الغدد الدرقية .

فرط نشاط الدرق : يزداد في هذه الحالة افراز التيروكسين فتظهر عوارض معاكسة لتلك التي ذكرناها آنفاً : ازدياد في الاستقلاب يتجلى باسراع في ضربات القلب وحركات التنفس وبازدياد في استهلاك الاوكسجين واطراح غاز الكربون والآزوت في نشاط الجهاز الهضمي ، كما يتجلى بقلق نفسي عام . وهنالك حالات من فرط النشاط

الدرقي يظهر فيها بالاضافة إلى الأعراض السابقة جحوظ في العينين بسبب اندفاع مقلة العين إلى الأمام ، كما يظهر فيها رجفان في الاصابع وازدياد في سكر الدم (يندر حدوث بيلة سكرية) . وتعالج هذه الحالة التي تسمى السلعة الجحوظية باستئصال قسم من الدرق أو باعطاء مادة التيوراسيل .

أما السلعة البسيطة فهي حالة من ضخامة الدرق لا تترافق بأي عرض من أعراض القصور أو فرط النشاط ، وتنشأ غالباً بسبب نقص مادة اليود في الغذاء لذا تعالج باعطاء الاملاح اليودية . وهناك ضخامات درقية موقتة تظهر أثناء البلوغ والطمث والحمل أو أثناء أي اضطراب تناسلي .

نظائر الدرق: وهي زوجان من الغديدات ، واحد في كل جانب ، تكاد تكون مدفونة في القسم الخلفي من الغدة الدرقية ، وليست لنظائر الدرق أية علاقة وظيفية مع الغدة الدرقية على الرغم من ارتباطها التشريحي معها . أما الحاثة التي تفرزها فهي الباراترين التي تؤثر بصورة خاصة على كاسرات العظام فتزيد في نشاطها الذي يتجلى بتحريك أملاح الكلس ويقوم التعظم الطبيعي على اتزان بين تأثير هذا الحيمين وتأثير تلك الحاثة وفرط نشاطها ويؤدي إلى نقص في تكلس العظام التي تصبح هشة مشوهة معرضة للكسور العفوية ، كما يؤدي إلى ازدياد في كلس الدم ونقص مقابل في الفسفور وإلى طرحها مع البول (غالباً تتشكل حصيات كلوية) .

الغدد الجنسية أو التناسل

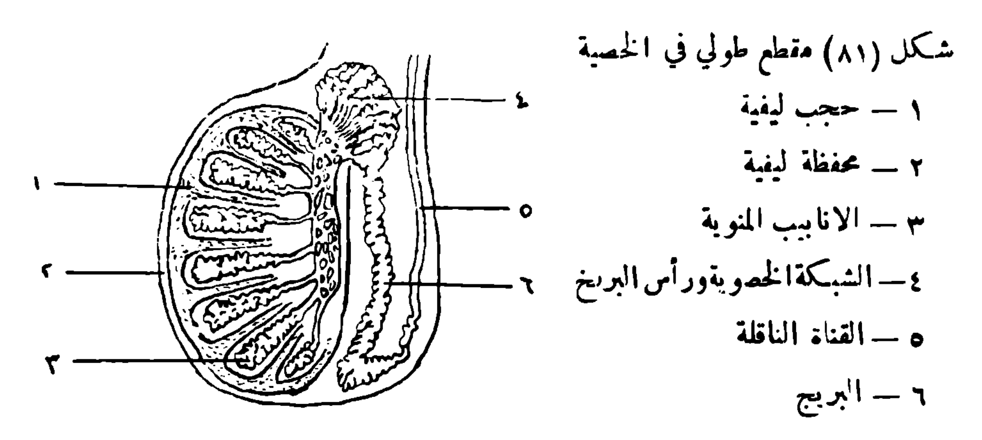
تختلف الغدد الجنسية في الاناث عنها في الذكور ، وهي غدد مزدوجة تؤثر على سلوك الفرد ونضوجه الجنسي . وهي في الذكور تسمى الخصية أما في الاناث فتسمى المبيض .

الخصيتان : وهما جسمان متناظران . تتدلى الخصيتان في كيس الصفن معلقتين بواسطة الحبل المنوي . ولكل منها ثلاثة لحف . وتتألف الخصية من فصيصات يحتوي كل منها على أنابيب دقيقة تتشكل فيها النطف . وتوجد بين هذه الانابيب الدقيقة بعض الخلايا البشروية

المظهر التي تؤلف ما يعرف بالنسيج الخلالي . ويعتبر هذا النسيج الخلالي غدة صماء قائمـــة بذاتها تفرز حاثة مذكرة خاصة بالخصية تسمى التستوستيرون .

تأثير الغدة النخامية على الخصية :

نلاحظ عند دراسة وظائف المناسل بأن هذه لاتتحكم بحرية في عملها ومصيرهـــا للاسباب التالية : لاتتطور مناسل الحيوانات التي استؤصلت غدتها النخامية بل تضمر وينعد نضج النطف والبيضات . وبالعكس فان اعطـــاء خلاصات الفص الامامي للنخامية الى الحيوانات غير البالغة يسرع نضجها الجنسي . ويستنتج من هذا أن المناسل تقع تحت سيطرة مادة أو مواد تفرزها خلايا الغدة النخامية .



شكل (٨١) مقطع طولي في الخصية
١ ـــ حجب ليفية
٢ ـــ محفظة ليفية
٣ ـــ الانابيب المنوية
٤ ـــ الشبكة الخصوية ورأس البربخ
٥ ـــ القناة الناقلة
٦ ـــ البربج

الحاثة الملوتنة : وهي حاثة خاصة بالاناث تبدأ بتشكيل الجسم الاصفر بعد الاباضـة (خروج البيضة من المبيض) وتدفع إلى افراز حاثة أخرى تسمى البروجسترون سنتعرض لدراستها فيما بعد .

فالبلوغ إذن في كل من الجنسين يتعلق ببدء تكون الحاثات الجنسية في النخامية وتتمتع هذه الحاثات بتأثير مزدوج : تأثير بنيوي تتجلى بنضج الاعراس ونمو الاعضاء التناسلية الملحقة ، وتأثير نفسي عاطفي يوجه سلوك الفرد في أحد الاتجاهين الجنسيين .

الحاثات المذكرة :

هي مواد كيميائية (طبيعية أو تركيبية) قادرة بعد حقنها على احداث التطور الجنسي وإظهار الصفات الجنسية الثانوية[1] في الذكور غير البالغة أو المخصية (ويعتبر التستوسترون أهم حاثة فيها إذ يحدث تأثيرات مختلفة نجملها فيما يلي :

آ — نمو الاعضاء المذكرة الملحقة التي أتينا على ذكرها وهي القضيب والموثة والقناة الدافقة والحويصلات المنوية والصفن .

ب — تطور الصفات الجنسية الثانوية في الذكر ، البدنية منها والنفسية .

الصفات البدنية : نقص سعة الحوض الذي يظهر بجلاء عند مقارنته بحوض الانثى ، خشونة الصوت ، ثم التوزع الخاص للاشعار والغدد الدهنية والمدخرات الدسمة تحت الجلد .

الصفات النفسية : وهي التي يعبر عنها بأنها السلوك المذكر الذي يميز الفرد الذكر عن الانثى .

ج — التأثيرات الاستقلابية وهي زيادة النمو وازدياد طول العظام قبل تكلس غضاريف الاتصال ، وكذلك زيادة نمو العضلات ووزن الجسم . غير أن بقية الغدد الاخرى تشترك على الاغلب في احداث هذه التأثيرات .

التستوستيرون :

هو الحاثة الخاصة التي تفرزها الخلايا الخلالية في الخصية وهو المسؤول في الشخص الطبيعي عن التأثيرات التي أتينا على ذكرها وتسيطر حاثات الغدة النخامية على افرازه إذ

---

(١) يقصد بالصفات الجنسية الثانوية في كل من الجنسين الصفات التي يكتسبها الفرد بعد البلوغ والتي تتأثر باستئصال المناسل ، إذ تضمر بعد هذا الاستئصال الاعضاء الملحقة وتغيب الصفات الظاهرية التي تميز الجنسين عن بعضها . أما الصفات الجنسية الاولية فيقصد بها تكون المناسل .

لاشك أن هناك تأثيرات متبادلة بينه وبين هذه الحاثات . يفرغ التستوستيرون مع البول بشكل مركبات ضعيفة التأثير .

المبيضان :

المبيضان جسمان مزدوجان يقع كل منهما بجانب الرحم وراء الرباط العريض الذي يثبت الرحم ، وتغطي كل مبيض طبقة من الخلايا المكعبة تعرف بالظهارة المنتشة التي يرتد إليها منشأ البييضات . ويكون المبيض بعد الولادة محشو بحويصلات مختلفة الحجم يجوز عددها الخمسين الفاً ويطلق عليها اسم الجريبات المبيضية .

ينمو بعض هذه الجريبات ثم ينفجر وبانفجاره تتحرر البييضات الناضجة . تسمى الحادثة هذه الاباضة ، وهي تتكرر بصورة متلاحقة بفاصلة تقرب من أربعة أسابيع. ولا تنمو الجريبات جميعها دفعة واحدة بل ينمو جريب واحد أو جريبان في الشهر .

تبدأ أولى حوادث الاباضة منذ زمن البلوغ وتستمر حتى أواخر العقد الرابع تقريباً . فيبلغ بذلك عدد الجريبات التي انفجرت نحواً من خمسمائة جريب ، أما العدد الكبير الباقي من الجريبات الذي كان موجوداً في المبيض منذ الولادة فانه يعاني تلفاً حؤولياً . وتكون الجريبات في المبيض قريبة من السطح الخارجي في منطقة تعرف بقشرة المبيض . ويتألف الجريب في البدء من البييضة تحيط بها طبقات من الخلايا الجرابية وتغلف الجميع طبقتان من الخلايا (الباطنة منها خلوية وعائية والظاهرة ليفية) . وعند بدء النمو يحتفر الجريب بجوف يمتلىء بسائل جرابي لايلبث أن يتزايد حتى تحدث الاباضة فينطلق دافعاً معه البييضة الناضجة .

وبعد انطلاق البييضة يستمر الجريب في نموه مكوناً جسماً غدياً مصفراً هو الجسم الاصفر الذي يضمحل سريعاً إذا لم يحدث الالقاح ، بينما يستمر عمله عدة شهور إذا تلقحت البييضة وحدث الحمل .

تفرز خلايا الجريبات المنفجرة حاثة تسمى الاستراديول بينما يفرز الجسم الاصفر حاثة

أخرى تعاكسها في التأثير يسمى البروجسترون وتسيطر الغدة النخامية بنشاطها الدوري على كل من الحاثتين .

الحاثات المبيضية :

يعتبر للحاثات المبيضية نوعان : يضم الأول المواد الاستروجينية والتي ذكرنا منها الاستراديول ، ويضم الثاني البروجسترون ومشتقاته . ويعمل هذان النوعان من الحاثات بصورة متناسقة على الرغم من تعاكسها بالتأثير . وقد أمكن في الوقت الحاضر صنع كثير منها بطريقة التركيب .

آ — المواد الاستروجينية :

هي المواد التي تفرزها خلايا الجريب المبيضي والتي توجد بكثرة في السائل الجرابي . وقد اكتشفت منها ثلاثة حاثات هي : الاستراديول والاسترون والاستريول ، وتمتاز الحاثة الاولى بشدة التأثير . وتعمل هذه الحاثات في عضلة الرحم فتزيد مقويتها وتسبب فيها تقلصات متكررة قليلة السعة . أما في الرحم الحاملة فهي تزيد في تحسس العضلة الرحمية نحو حاثة خاصة (حاثة الوضع) تفرزها خلايا الفص الخلفي للنخامة .

ب - البروجسترون :

هو حاثة تفرزها خلايا الجسم الاصفر ووظيفتها تهيئة غشاء الرحم المخاطي لقبول البيضة الملحقة وتعشيشها فيه . فاذا حدث الالقاح استمر الجسم الاصفر في إفراز هذه الحاثة فيتكون نتيجة لذلك عضو جديد يستقر في جدار الرحم يسمى المشيمة وظيفته تثبيت الجنين في الرحم وتأمين الاتصال بين جهاز الدوران في الام وجهاز الدوران في الجنين كما يقوم بافراز البروجسترون خلال الاشهر الاخيرة من الحمل بعد توقف الجسم الاصفر واضمحلاله ومن الضروري أن نعود فنؤكد هنا تناسق الهرمونات المبيضية في عملها إذ عليها تتوقف جميع الوظائف الجنسية من اباضة وطمث وحمل ووضع وارضاع .

وحدة العضوية وتناسقها

ليس البدن مجموعة من الاعضاء يقوم كل منها بوظيفته الخاصة بمعزل عن الاعضاء الأخرى ، بل هو وحدة فيزيولوجية تتكامل فيها الوظائف المختلفة وتتناسق . وتدل على هذا التكافل والتناسق أمثلة عديدة منها .

١ — وجود ارتباط بين الجملة العصبية والحاثات ينسق أعمال الاعضاء المختلفة ، وقد أسهبنا في وصفه في ابحاثه الخاصة .

٢ — وجود وسط مشترك تعيش فيه سائر الخلايا التي تؤلف البدن ، هذا الوسط هو الدم والبلغم (الوسط الداخلي) .

٣ — وجود جهاز دفاع مشترك يدافع به البدن عن نفسه ، وقد ورد ذكر ذلك في أبحاث السنين الماضية (المناعة ووسائلها المختلفة) .



الوراثة

دراسة الوراثة التجريبية

للوراثة شأن كبير في انتقال صفات الوالدين الى الاولاد . ويعزى اليهـا عادة التشابه بالصفات الخلقية وبالميزات النفسية والعقلية بين افراد الاسرة الواحدة والوراثه سنة تخضع لها الحيوانات والنباتات ، إذ أن انتقال الصفات من السلف الى الخلف أو غيـاب بعضها في الخلف ثم رجوعها في الاحفاد لايكون اعتباطاً بل هو مقيد بقواعد ثابتة تبصر فيها العلماء الاحيائيون فأماطوا اللثام عن جملة سنن تنتقل بمقتضاها الصفات عامة من الاسلاف الى الاخلاف.

وقد قام العالمان نودان (نباتي افرنسي) ومندل (راهب نمسوي) كل بمفرده بتجارب واختبـارات عـديدة اجرياهـا في النبات والحيوان فكشفا عن قوانين ثابتـــة في الوراثه والتخليط .

ويجب في دراسة الوراثة تجريبياً استعمال افراد صافيه النوع بينها تشابه ظــاهر إذا تزاوجت اعقبت أنسالا متشابهة للابوين تمام الشبه . ويجب في دراسة النباتات ان تنتخب بزرة جيدة النوع تغلف متى ظهرت ازهارها بقطع من القزي (الشاش) لمحافظتها من غبار الطلع الاجنبي الذي قد يحمله الهواء ، ويبتدأ عادة بدراسة تخليط فردين لايختلفان عن بعضهما بعضاً إلا اختلافاً بسيطاً في الصفات الظـاهرية كاختلاف اللون أو طول الاجنحة أو طول الاشعار الخ فاذا كان النوعان (الذكر والانثى) لايختلفان إلا بصفة واحدة (زهرة حمراء وزهرة بيضاء) دعي هذا الاختلاف النغولة المنفردة ، وإذا كان الاختلاف بصفتين دعيت الحالة بالنغولة الثنائية. واذا كان الاختلاف بصفات ثلاث او اكثر دعيت الحالة النغولة المركبة.

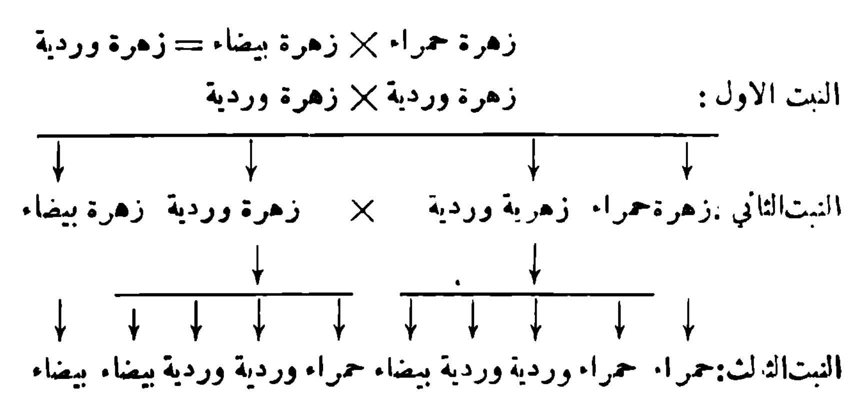
ولها نمطان : النمط المتوسط ونمط الرجحان .

أ ــ **النمط المتوسط:** لنبات شب الليل نوعان من الازهار : ازهار حمر وازهار بيض وما عدا هذا الاختلاف باللون فان النوعين متشابهان تماماً في باقي الصفات ، فاذا وضعنا غبار طلع الازهار البيضاء على سمات الازهار الحمراء وحصل الالقاح حصلنا على بزور إذا زرعناها تفتحت عن ازهار لونها وردي أي بلون متوسط بين الابوين (النبت الاول) .

وإذا لقحنا بعد ذلك كل زهرة من ازهار النبت الاول بغبار طلعها الخاص حصلنا على نسل ثان بعض ازهاره حمر وبعضها وردي وبعضها ابيض وذلك بنسبة ثابتة (النبت الثاني).

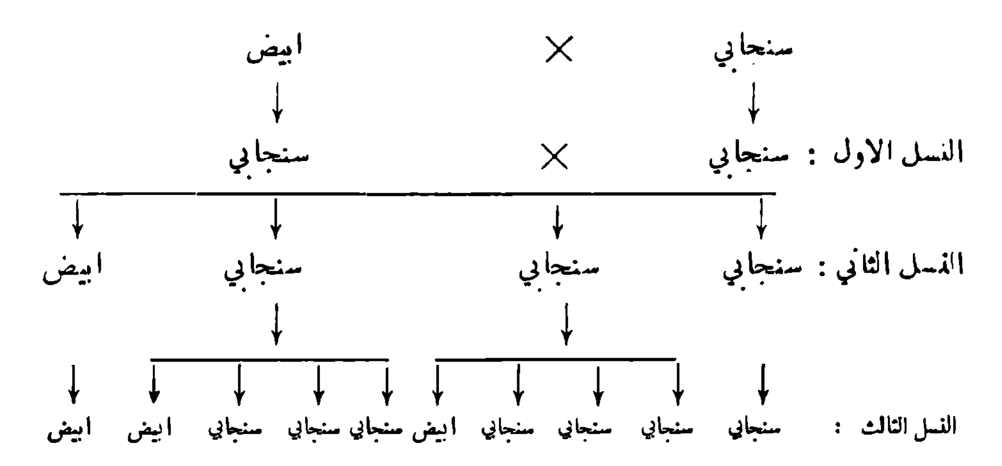
٢٥ ٪ ازهار حمراء   ٥٠ ٪ ازهاره وردية   ٢٥ ٪ ازهار بيضاء

واذا تابعنا التلقيح الذاتي (أي تلقيح كل زهرة بغبار طلعها الخاص) نجد ان الازهار الحمر لاتنتج إلا ازهاراً حمراً وان الازهار البيض لاتنتج إلا ازهاراً بيضاً وهـذا مما يدل على انها قد ورثت الصفات الاصلية من الابوين . أما الازهار الوردية اللون فتنتج ازهاراً على ثلاثة أنواع : ربما أحمر وربما أبيض والنصف وردي اللون (النبت الثالث) وهكذا مهما تابعنا التلقيح فان الازهار الحمر والازهار البيض تظل محافظة على لونها أما الازهار الوردية فتنتج الانواع الثلاثة بالنسبة المعينة السابقة .



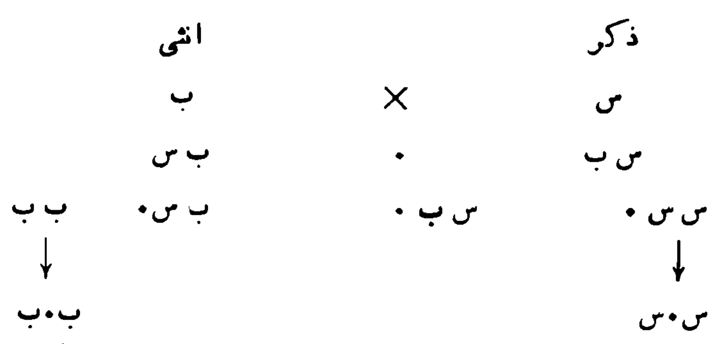
غط الرجحان : ونختار عنه مثالا في الحيوانات : إذا زاوجنا فأرين (ذكر وأنثى) احداهما سنجابي و الآخر أبيض حصلنا في النتاج الاول على ادراص (صغار الفئران) كلها سنجابية نرى من هذا المثال أن اللون الابيض غاب تماماً في النتاج الاول فكأن اللون السنجابي قد تغلب على اللون الابيض وجعله مقنعاً لذلك تسمى الصفة الاولى السنجابية الصفة الغالبة وتسمى الصفة الثانية البيضاء الصفة المقهورة .

وإذا تابعنا التزاوج نحصل في النسل الثاني على ادراص ثلاثة ارباعها سنجابية وربعها ابيض . ومن دراسة الانسال المتعاقبة نتأكد أن الفئران البيض لاتلد إلا فئراناً بيضاً فهي إذن من نوع صاف ، أما الفئران السنجابية فقسم منها يلد فئراناً سنجابية فقط وهو نوع صاف والباقي يلد انسالا مختلطة من النوعين الابيض والسنجابي بالنسبة المبينة السابقة .



لنرمز الآن إلى الابوين الاولين بحرفي س(سنجابي) و ب (ابيض) فتكون افراد النسل الاول حاملة لصفتي س و ب معاً (لان الخلية في كل مخلوق تنشأ من اجتماع نصفي خليتين نصف يحمل صفات الاب ونصف يحمل صفات الام) . وبما أن صفة ب مقهورة فلا تظهر في أفراد النسل الاول إلا الصفة س .

أما أفراد النسل الثاني فربعها يحمل صفتي س و س ونصفها يحمل س و ب والربع الاخير يحمل ب و ب .



أما (س س) و (ب ب) فهما من نوع صاف ويسميان بالموحدات المتجانسة وأما (س ب) و (ب س) فهما مختلطان وفيهما صفة غالبة وصفة مقهورة ويسميان بالموحدات المتخالفة .

ان هذه الامثلة السابقة هي تحقيق لما درسه ماندل في تجاربه على البسلة واثبات للقوانين التي استنتجها في الوراثة والتخليط وها هي تلك القوانين .

قوانين ماندل : اذا تلاقح نوعان (ذكر وانثى) مختلفان بصفة واحدة نتج ما يلي :

١ ـــ أفراد النسل الاول كلها متشابهة بالصفات .

٢ ـــ اذا تلاقح أفراد النسل الاول اعقبوا نسلا ثانياً أفراده مختلفة الصفات تظهر بينها صفات الابوين الاصليين .

٣ ـــ تكون أفراد النسل الثاني على ثلاثة أنواع ويكون عدد كل نوع منها تابعاً لنسبة معينة ثابتة هي : ٢٥ ٪ من النوع الصافي المشابهة للاب الاصلي .

٢٥ ٪ « « « « للأم الاصلية .

٥٠ ٪ من نوع مختلط افراده مشابهة لافراد النسل الاول تعقب انسالا تتبع النسب السابقة .

النغولة الثنائية

في هذه النغولة يختلف الفردان المتلاقحان عن بعضهما بزوج من الصفات واحسن مثال يذكر هنا تجربة العالم الاميركي (مونغان) على ذباب الفواكه المسمى دروزوفيل . اتى هذا

العالم بذبابة اجنحتها طويلة (ط) وجسمها سنجابي (س) وزاوجها مع ذبابة اجنحتها صغيرة (ق) وجسمها أسود (د) فكانت النتيجة ان ظهرت في النسل الاول ذبابات اجنحتها طويله (ط) وجسمها سنجابي (س) أي أن ط و س كانتا صفتين غالبتين .

أما في النسل الثاني فقد ظهرت ذبابات على أربعة أنواع متميزة بحسب النسب الآتيـة : في كل ١٦ ذبابة نجد :

٩ طويلة الجناح سنجابية (ط س)

٣ قصيرة الجناح سنجابية (ق س)

٣ طويلة الجناح سوداء (ط د)

١ قصيرة الجناح سوداء (ق د)

نستنتج من هذا المثال قواعد النغولة الثنائية وهي :

١ — أفراد نتاج النسل الاول متشابهة .

٢ — افراد نتاج النسل الثاني متخالفة الصفات ونرى فيها كل الاحوال الممكنة لاختلاط الصفتين المنتخبتين على ان صفات الابوين الاصليين تعود للظهور في بعض الافراد .

ويبين الجدول الآتي كيفية انتقال الصفات إلى أفراد النسلين الاول والثاني بوضوح :

العروسان المتزاوجان .

ذكر = ♂ ← انثى = ♀

النسل الاول : ط س × ق د

النسل الثاني :

	الاعراس الذكور من الاول: ط س	ق س	ط د	ق د
الاعراس الاناث: ط س	ط س ط س	ق س ط س	ط د ط س	ق د ط س
ق س	ط س ق س	ق س ق س	ط د ق س	ق د ق س
ط د	ط س ط د	ق س ط د	ط د ط د	ق د ط د
ق د	ط س ق د	ق س ق د	ط د ق د	ق د ق د

النغولة المركبة

كلما زاد الاختلاف في عدد الصفات تعقدت النتائج وحصلنا على انسال مختلفة التركيب ففي النغولة الثلاثية مثلا نحصل في النتاج الثاني على ٦٤ تركيبا منها واحد فقط يشبه جدته . وفي النغولة الرباعية ينتج ٢٦٥ تركيباً موزعين على ستة عشر مظهر مختلف منها واحد يشابه الاب وواحد يشابه الام . وكلما زاد عدد الصفات صعب الاختبار وعاد ظهور نسل مماثل للاصل نادراً ولما كانت صفات الانسان كثيرة كان النزوع فيها الى الاصل نادراً ايضاً فيمكن للولد أن يشابه أباه وينزع الى أمه في كثير من الصفات ولكنه لا يكون مثل احدهما تماماً.

تعديل قوانين ماندل بنظرية الصبغيات

يرث كل فرد من أفراد النسل الاول صفات الابوين اعتباريه . الا أنه لا تظهر في الانسان هذه الصفات الا ما كان متغلباً وتبقى بعض الصفات كامنة مقنعة لتظهر في بعض أفراد النسل الثاني ولتعليل ما ذكر لجأ العلماء الى وضع فرضيات ظن اقربها للصحة نظرية الصبغيات فقد ثبت بالتدقيق بالمجاهر العظيمة التكبير أن في نوى الخلايا سلاسل من الجسيمات تدعى الصبغيات وعدد هذه الجسيمات في الخلايا التناسلية لكل من الانواع ثابت وكذلك شكلها. ففي بيضة المرأة يبلغ عددها ٤٨ وعددها في الخلية المولدة للحوين المنوي ٤٧ .

وان من أهم ما يحدث عند نضج الخلية التناسلية لتصبح صالحة للالقاح هو انقسام صبغياتها انقساماً مباشراً يصبح به عدد الصبغيات نصف العدد السابق . وقد سمي ذلك الاختزال العروي حتى إذا تلاقح النصفان (الذكر والانثى) حدثت منها البيضة التي تحوي عدداً تاماً من العرى الصبغية وقد دلت الاختبارات التي اجريت في ذباب الفواكه ان لهذه الحشرة ثماني عرى صبغية ، وان ستاً من هـــذه العرى تحمل الصفات والاثنتين الباقيتين تختلفان في الذكر عنها في الانثى وهما العروتان الجنسيتان .

فاذا زاوجنا ذبابتين (دروزوفيل) من لون واحد احداهما ذات أجنحة طويلة (ط) والاخرى ذات أجنحة قصيرة (ق) . (اختبار النغولة الوحيدة) فان احدى العرى الست المختصة بحمل الصفات تحمل الصفة (ط) في احدى الذبابتين ، واحدى العرى في الذبابة

الثانية تحمل الصفة (ق) والبيضة الناتجة من تلاقحها تحمل الصفتين معاً على ان المروة(ط) تقنع العروة (ق) .

وتصطف الصبغيات حين الانقسام صفين متقابلين فاذا حصل التزاوج تتقابل الصبغيات الحاملة للصفات مصطفة امام بعضها بعضاً كسلسلتين متقابلتين . فمن دراسة هذا التقابل في العرى يتضح لنا كيف يحدث التغلب والكمون في الصفات ويتضح لنا ايضاً توارث الحالات المرضيةالوراثية أو الصفاتغير المتادة اذ أن أقل مايخل في تركيب أحدالصبغيات يجعل الصفة المريضة تورث إلى الولد إذا لم يسترها صبغي صحيح من الزوج الآخر (حسب قانون الرححان) وهذا ما ايدته التجارب فملياً في ذباب الفواكه : فلون العين الطبيعي في ذباب الفواكه هو الاحمر فاذا حدث تغير ما في الصبغي الثاني صارت العين ارجوانية أو قرمزية . وإذا زوجنا مثلا ذباباً قرمزي العينين مع ذباب أعمى نتج نسل قرمزي العينين وذلك لتغلب احدى الصفتين أي أن العروة السليمة سترت العروة المريضة فجعلتها كامنة .

إن هذه النظرية التي عللت قوانين الوراثة أحسن تعليل أعطيت المقام الاول بين سائر النظريات نظراً لتوافقها مع النتائج العملية ونظراً لما جني من تطبيقها من اصلاح النسل سواء في الحيوان أو في النبات باستحصال انواع جديدة تخفي عيوب اسلافها .



الاحقاب الجيولوجية

تمكننا قواعد علم الجيولوجيا وطرائقه من تعيين العمر النسبي للصخور ، أي معرفة القديم منها والحديث ، لكنها لا تستطيع تقدير العمر المطلق لها ، فهي تجهل متى بدأ تشكل الطبقات المختلفة من الصخور وبالتالي مدى الازمنة الجيولوجية . ونكتفي بالقول أن امد هذه الازمنة طويل جداً يقدر بملايين السنين . وقد طرأت على الارض خلال هـذا العمر المديد ، أحداث عظيمة ، غيرت أشكال البحار والقارات ، ومواضع سلاسل الجبال ، كما تغيرت طبيعة الطبقة الجوية التي تحيط بها . وانتشرت خلال ذلك فئات حيوانية ونباتية كان لبعضها في الازمنة السالفة ازدهار لانظير له . كما انطفأت فئات أخرى مختفية أو تاركة بقايا مستحاثية تدل على وجودها السابق . وتسمح سائر تلك الاحـــداث بتقسيم الازمنة الجيولوجية إلى أحقاب هي : الحقب الابتدائي ، والاول ، والثاني ، والثالث ، والرابع . وقد دام كل منها عدة ملايين من السنين . ويفكر علماء طبقات الارض أنه إذا مثلنا برقم (١) ثخن الاراضي الرابعة أو مدة الحقب الرابع فيجب أن نمثل برقم (٢٠) مدة الحقب الثالث و بـ (٣٠) مدة الثاني و بـ (١٥٠) مدة الاول . ويظن أن الحقب الابتدائي قد دام مدة تطابق مجموع تلك الارقام .

المستحاثات :

تعرف المستحاثة بأنها كل مظهر للحياة حفظ بصورة طبيعية في أراضي تسبق العهد الحاضر . وتحفظ المستحاثات في الاراضي الرسوبية فقط حين يتم انطمارها بسرعة وبمعزل عن الهواء والرطوبة . وفي هذه الشروط لايمكن أن تبقى في الحالة العامة ، إلا الاجزاء الصلبة الهيكلية . والحيوان قد لايترك إلا بصمة في أرض ما . فقوقعة مستحاثة قد تنحل

فيبقى لنا منها في بعض الاحيان قالبها وكذلك آثار الاقدام على الرمل قد استطاعت أن تبقى نتيجة لتصلب وتغطية رسوبية سريعة .

لكن المستندات المستحاثية لاتزال تعاني نقصاً وأسباب عدم استكمالها متعددة : كضرورة الانطمار في الارض الرسوبيـــة ، وصعوبة حفظ الاجزاء الرخوة ، وتخرب المستحاثات وتلفها بنتيجة اضطراب القشرة الارضية ، وعدم كفاية أو استحالة تحري الطبقات الجيولوجية ، ومهما يكن من أمر فان علم المستحاثات غني جداً بوقائع أمور ذات قيمة عالية .

الحقب الابتدائي ومستحاثاته

ترجع سائر الصخور الرسوبية المتوضعة حالياً في البحار القديمة الى الحقب الابتدائي . أما الاحيـاء التي عاشت في ذلك الحقب فلم تترك اثراً من المستحاثات ، والبقايا الحيوانية والنباتية التي ظهرت في أراضي هذا الحقب ضئيلة ولا تعطينا فكرة واضحة عن الانواع الحية آنذاك . ذلك لانه طرأ على رسوبات تلك الاراضي تبلور جديد تحت تأثير الحرارة المركزية والضغط فكان من نتيجة ذلك أن تخربت مستحاثاتها وأبيدت .

الحقب الاول ومستحاثاته

١ — **اراضيه ومناخه :** تبلغ سماكة الاراضي الاولية بمجموعها حوالي ٣٠٠٠٠ م مما يدل على مدة هذا الحقب . وقد قسم الى خمسة أدوار :

آ — الدور الكمبرياني ب — الدور السيلوري ح — الدور الديفوني د — الدور الفحمي هـ — الدور البرمي . وكان المناخ حاراً نسبياً ومتشابهاً على سطح الارض ، ولم تكن الفصول قد تميزت تماماً . أما في نهاية هذا الحقب فقد ساد نصف الكرة الشمالي منها مناخ صحراوي جاف جداً ، بينما كان رطباً بارداً في خط الاستواء والنصف الجنوبي من الكرة الارضية .

حيواناته :

إن أقدم المستحاثات التي يمكن تبينها ومعرفتها منذ بدء الحقب الاول هي بقايا الحيوانات. إذ كانت وحيدات الخلية وعديمات الفقار وافرة العدد متعددة الاشكال . وقـــد انطفأت منهـــا صنوف بكاملها . وكان يمثل الحياة آنـذاك رتب الاسفنجيات ومعائية الجوف وشائكات الجلد والديدان والرخويات والمفصليات .

وأشهر مستحاثاته :

ثلاثية الفصوص : وقد كانت حيوانات مفصلية بحرية صغيرة يتألف جسمها من ثلاثه أقسام عرضية في الرأس والصدر والبطن كما كانت تنقسم الى ثلاثة فصوص طولانية ويخصص الحقب الاول بوجودها إذ أنها لم توجد بعد ذلك أبداً ولذلك نعت الحقب الاول بحقب ثلاثية الفصوص .

ــ وقد رافق هذه الاحيــاء النوتي ، وهو من الرخويات رأسيات الارجل ولا يزال يعيش النوتي حالياً في المحيط الهندي .

ــ وعاشت في ذلك الحقب صنوف متعددة من الحشرات ذوات التحولات الشكلية الناقصة. وقد ظهرت الاشكال الاولية من الفقريات كالجلبيات والقميصيات . وظهرت الاسماك المدرعة ذات الاشكال الغريبة ، ثم اختفى معظمها وحلت محلها أسماك غضروفية الهيكل .

ــ واستوطنت الضفــــادع المستنقعات الواسعة في أواخر ذلك الحقب وكانت سمادل مذنبة أشهرها الاكتينودون .

ــ أما الطيور والثدييات فلم تكن قد ظهرت حينذاك على الاطلاق .

٢ ــ **نباتاته** : عاشت منذ مطلع ذلك الحقب الجراثيم والفطور والاشنيات والطحالب وامتاز النصف الثاني منه بظهور خفيات الالقاح الوعائية ، أما في أواخره فقـد انتشرت ظاهرة الالقاح عريانة البذور . لكن مستورة البذور لم تكن موجودة آنذاك .

ومن خفيات الالقاح الوعائية نذكر :

ـــ السراخس التي كانت شجرية قوية الجذوع ، وكان بعضها عشبياً .
ـــ أذناب الخيل وكانت ترتفع ٢٠ ـــ ٣٠ م وأشهرها القصبية .
ـــ أرجل الذئب وكانت شجرية هائلة أشهرها سيجيلاريا .

أما من ظاهرات الالقاح عريانة البذور فقد انتشر السرخس البذري : وهي نباتات لها مظهر وأوراق السراخس لكن تكاثرها يتم بالازهار ، وكانت ازهارها وحيدة الجنس، وقد عثر على بذورها ولولا وجود تلك البذور لما تميزت عن السرخس العادي .

الحقب الثاني ومستحاثاته

١ ـــ **اراضيه ومناخه** : يبلغ مجموع سماكة أراضيه ٥٠٠٠٠ م مما يدل على أنه لم يدل طويلاً وقد قسم الى ثلاثة أدوار :

أ ـــ الدور الترياسي ، ب ـــ الدور الجوارسي ، حـ ـــ الدور الحواري .

واستمر مناخ الحقب الاول في الترياسي ، أما بعد ذلك فقد تميزت منطقة قطبية شمالية معتدلة المناخ ترعرعت فيها الصنوبريات ، ومنطقة استوائية حارة نمت فيها الارصفةالمرجانية، ومنطقة قطبية جنوبية معتدلة ايضاً .

٢ ـــ **حيواناته** : كانت البحار آهلة بوحيدات الخلية كالمدرعات والشعاعيات ، وقد سيطرت على بحر الحوار ، وكان المرجان يشيد أرصفته الطويلة وكانت شائكات الجلد تسكن الشواطيء وأشهر المستحاثات اللافقرية :

أ ـــ **النصليات** : وهي رخويات رأسيات الأرجل . ومع أن الاجزاء الرخوة من الحيوان لم تحفظ جيداً إلا أن البقايا القليلة من مستحاثاتها اشتق اسمها منه ، وقد تعددت أشكالها وحجومها وتزينت قواقعها . وفي نهاية هذا الحقب كانت النصليات والامونيات قد انقرضت تماماً .

وأشهر المستحاثات الفقرية :

ب ـــ **الزواحف** : بلغت الزواحف في هذا الحقب أوج انتشارها فطبعت الحقب الثاني

بطابعها الخاص بسبب وفرة عددها وشدة تنوعها وتغير أشكالها ، وكانت تملأ البحار والهواء والارض . لكن قوة الانتشار لم تكن إلا نار قش ، فقبل أن ينقضي الحقب الثاني انطفأت الزواحف الكبرى ولم تبق سوى الاشكال الحية التي تختلف عنها بشدة .

وتنطفىء الانواع تحت تأثير الوسط الذي يصبح مضراً بها ، أما اختفاء عدة أنماط من الاحياء فلا يمكن أن يعزى إلا الى أسباب طبيعية :

فمن الزواحف السابحة: الايكتيوسور ، وهو زاحف يلفت النظر لجمعه صفات السمك والضب والحوت والتمساح وكان طوله ١٥ متراً .

الموزاسور : وله هيئة ثعبان بطول ١٠ م ولفمه أسنان حادة متعددة تدل على أنه كان لاحماً .

ومن الزواحف البرية : زمرة (الدينوسور) وهي أشهر وأقوى وأغرب الزواحف واليها تنتسب أنواع ضخمة يصل ارتفاع بعضها الى خمسة أمتار وطولها بين ١٠ — ٢٥ م . وكان الديبلودوكس يزن ٢٥ طناً وله رأس كبير يحمله عنق طويل ولأطرافه القصيرة القائمة خمس أصابع ذات مخالب ، وكان له ذنب كبير جداً ، ولا شك أن هذا الزاحف هو أضخم حيوان على الاطلاق عرفته الحياة على سطح الارض .

ومن الزواحف الطائرة : البتيروداكتيل (مجنح الاصابع) وكان بحجم الغراب طول رأسه يعادل نصف طول جسمه وكان جذعه صغيراً وذنبه قصيراً . وكانت أطرافه منتهية بخمس أصابع واحدة منها أطول من الجسم وتحمل غشاءاً جناحياً يشبه جناح الخفاش .

ج ـ **الطيور** : بدأت بالظهور منذ منتصف الحقب الثاني لتحل محل الزواحف الطائرة واكثرها شهرة :

الاركيوبتريكس : وهو أقدم طائر عرفته الارض ، له حجم الغراب ويشبه رأسه رؤوس الطيور الحالية ، لكن فمه كان مجهزاً بأسنان ، وكانت نهاية جسمه ممتدة بذيل

طويل يكسوه الريش ، أما طرفاه الأماميان فبالرغم من تحولها الى جناحين الا أن اصابعاً ثلاثاً كانت صالحة لمسك الاشياء وذات مخالب .

وفي نهاية الحقب الثاني بدأت الطيور الخفيفة بالظهور وكانت تشبه الطيور الحالية بيد أنها كانت محتفظة بالاسنان .

حـ - **الثدييات** : ظهرت الطلائع الثديية الاولى بأشكال ابتدائية صغيرة وكان معظمها ينتسب الى الكيسيات .

٣ — **نباتاته** : فقدت خفيات الالقاح سيطرتها وحل محلها ظاهرات الالقاح عريانة البذور منـــذ منتصف الحقب الثاني وقد عرف منها السيكاسيكات والصنوبريات والسرو وأشباهها وهي لا تزال الى اليوم .

وفي نهاية ذلك الحقب بدأت مغلفة البذور بالظهور تدريجياً . والى ذلك العهد البعيد يعود الخيزران والنخيل والكستناء والحور .

الحقب الثالث ومستحاثاته

١ - **اراضيه ومناخه** : تبلغ سماكة مجموع أراضيه في العالم ٤٠٠٠٠ م فهو اذن قصير الامد وقد قسم الى أربعة أدوار :

آ — الايوسين ، ب — الاوليغوسين ، جـ — الميوسين ، د — البليوسين .

وقد شملت البرودة المنطقتين القطبيتين في هذا الحقب ، وامتدت بينهما مناطق معتدلة واسعه ومناطق استوائية ضيقة .

١ — **حيواناته** : بدأ العالم الحيواني يقترب كثيراً من حالته الراهنة ، فاختفت في هـــذا الحقب النصليات والامونيات والزواحف البرية الضخمة والطائرة ، كما ظهرت الطيور والثدييات .

فمن اللافقريات : كانت رأسيات الأرجل تميل الى الانقراض ولم يبق منهـــا سوى الاشكال الحالية ، وحل محلها معديات الارجل كالمحاور واللمنات والحلزون .

أما عن الفقريات : فقد أصبحت الاسماك والضفدعيات والزواحف والطيور شبيهة بالاشكال المعروفة حالياً .

وأما الثدييات : فقد بدأت بالسيطرة على الارض في كافة القارات ولذا يعد الحقب الثالث بحق حقب الثدييات ، فالاشكال الاولية الصغيرة التي كانت في أواخر الحقب الثاني نمت وتنوعت كما ظهرت ثدييات جديدة امتازت بحوافر أو بمخالب ، وقد تمت دراسات مفصلة لسلالات الحصان والفيل والمجترات والحيوانات اللاحمة .

٣ — نباتاته : سيطرت ظاهرات الالقاح مستورة البذور في هذا الحقب وكانت تشبه النباتات الحالية لكن توزعها يخالف التوزع المعروف . إذ كانت تنبت في الحوض الباريزي أشجار النخيل وجوز الهند والغار . ولكن منذ منتصف ذلك الحقب بدأت هذه الاشجار بالاختفاء تدريجياً والنزوح الى المناطق الاستوائية ، وحل محلها هناك أشجار ذات أوراق ساقطة ونجيليات ملأت المراعي الواسعـــــة . وما أن انتهى هذا الحقب حتى زالت النباتات الاستوائية من أوربا تماماً .

الحقب الرابع ومستحاثاته

١ — حيواناته : في هذا الحقب بعض حيوانات الحقب الثالث ويضاف اليها الانسان، وقد انقرضت حيوانات كثيرة في مراحل متباعدة ، كما تغير توزيعها الجغرافي ، بحسب تغير المناخ . ومن الحيوانات المنقرضه :

الماموث : وهو فيل قديم بلغت قامته ٣،٥ متراً وكان جلده سميكاً يكسوه صوف مبعثر وأشعار بلغ طولها ٨٠ سم وكان له نابان لولبيان معقوفان نحو رأســـه طول كل منهما أربعة أمتار .

الايل المقرن : وكان له قرنان مسطحان يمتد كل منهما مترين .

الطاطو الكبير : وكان يبلغ طوله ثلاثة أمتار .

كما هاجر بعض الحيوانات شمالاً وبعضها جنوباً واستقرت حيوانات أخرى في مواضعها واستطاعت أن تتكيف مع تغيير المناخ ، كالحمار والحصان والثور والكلب ولكن بعضاً منها يسير حالياً نحو الانقراض ، كالزرافة والبيزون الامريكي (بقر وحشي) .

الانسان : ان أراضي الحقب الاول والثاني وحتى الثالث لم تظهر إطلاقاً أي أثر لوجود الانسان فيها ، لكن وجوده أكيد منذ مطلع الحقب الرابع حيث تدل عليه بقايا عظامه والادوات والآلات التي صنعها . فقد عرف ان الانسان بدأ يقطع الاحجار ليصنع منها أدواته وذلك في عصر الحجر المقطوع ثم استطاع صقل الحجارة بالحك في عصر الحجر المصقول ثم عرف المعادن واستعملها كالنحاس والبرونز والحديد في عصر المعادن الذي انقضى عليه حوالي ٤٠٠٧ سنة ق . م ومع هذا العصر بدأ فجر التاريخ .

اجداد الانسان : من الثابت أن الانسان الحالي لايمت بأي صلة الى القردة الحالية بل ينتسب الى الثدييات من فئة البشريات . وتمتاز البشريات عن القردة الحالية بخفتها ومهارتها ونشاطها ويظن أنها كانت قليلة التسلق سريعة العدو . وكان لجد الانسان القديم والقردة مميزات وصفات مشتركة : كالقدرة على الانتصاب عمودياً وتركيب الدم وقابلية الاصابة ببعض الامراض السارية ، ووجود الانياب النامية الا أن جد الانسان القديم قد تميز بتطور ابهام القدم الذي تضخم وبضمور العضلات التي كانت تمكنه من مقابلة الاصابع الاخرى .

الاوسترالوبيتكوس : وهو أول شكل معروف لهؤلاء الاجداد وقد عثر عليه في الترانسفال ، ويظن أنه عاش قبل مليون سنة تقريباً وهو يملك صفات القردة والانسان معاً إلا أن شكل قحفه وأسنانه تبعده عن القردة وتقربه من البشريات وهو لم يستعمل اية أداة كما لم يكن يعرف النطق ومع ذلك فقد كان ذكاؤه يفوق ذكاء القردة الحالية .

القرد البشري : وظهر منذ نصف مليون سنة تقريباً في جاوا والصين وافريقيا .

وكانت قامته قصيرة وجسمه ضخم قوي وتلافيف مخه تشبه تلافيف مخ الانسان الحالي لكنه لم يكن يحسن النطق وقد مارس صناعة ابتدائية .

انسان النياندرتال : وقد ظهر منذ مائة الف سنة تقريباً وهو بظهوره يمثل مرحلة انتقالية جديدة تماماً أو فرعاً جانبياً من الاصل ، وقد دلت على وجوده بقايا كثيرة من قحف وعظام وحتى هيكل كامل ، وقد وصف هذا الانسان بالصفات التالية : قامته قصيرة وجسمه ضخم وساقاه قصيران ، قحفه متطاول وجبهته مائلة الى الوراء تبرز لها قوس حاجبية كاملة ، وكان الانف كبيراً وعريضاً والفك السفلي متيناً عديم الذقن ، وكان ابهام رجله بعيداً عن الاصابع الاخرى ، وكان يحسن مسك الاشياء بقدمه ويجيد التسلق وقد سكن الكهوف والمغاور ومارس الصيد واستخدام الصوان المقطوع ، وكان قليل الذكاء لا يملك قدرة على التكلم لكن بصره كان حاداً .

ومعظم هذه الصفات لا تزال موجودة حالياً عند الاسكيمو والاستراليين ومع ذلك فهذا لايعني أنهم من سلالته . وقد عثر في فلسطين على هيكل عظمي لانسان من نوع نياندرتال .

الانسان العاقل : كان منتصب القامـــة مرتفع الجبهة . نامي الذقن ، ضامر القوس الحاجبية ، وقد ظهر قبل إنسان نياندرتال والراجح أن الانسان الحالي ينتسب اليه وتمثله أربعة عروق :

عرق انسان كريمالدي ، وعرق الانسان الكروماني ، وعرق الشانسيلاند ، والعرق ذو الرأس المستدير . وكان الانسان الكروماني يملك كل صفات الانسان الحالي فهو دائم الانتصاب تبلغ قامته ١٨٥ سم ، قحفه متطاول وقوسه الحاجبية قليلة التنوء والوجنة بارزة والذقن نامية وظاهرة ، والاطراف قوية . وقد استعمل الاحجار بشكل مكاشط وصفيحات وابر مدببة ، كما عرف النقش والحفر على العظم والخشب وأجاد الرسم والنحت ، وقد رسم

بالفحم وبالطين أشكال البيزون والماموت والرنة ، ويمثل الانسان الكروماني حالياً بقايا في اسبانيا وجزر كاناري .

ثم ظهر انسان الحجر المصقول في الشرق واجتاح أوربا وعاش مع الانسان الكروماني وصنع من الصوان فأساً ذا مقبض من قرن أيل ، وألف الكلب وبعض الحيوانات المفيدة، ثم زرع القمح والشعير والكتان ، وصنع القدور الفخارية والأقمشة الخشنة وبنى منازل خشبية فوق الماء وغرفاً حجرية على الأرض لدفن موتاه .

* * *

تطور المخلوقات الحية

مبدأ الجنس أو نظرية الجنس

ينقل كل كائن حي صفاته ومميزاته الى أنساله ، وتدعى الصفات المنتقلة الصفات الارثية ، وهكذا يكون الافراد الذين تناسلوا من أب واحد وأم واحدة متشابهين ببعض الصفات فيقال انهم من جنس واحـــد وقد عرف كوفيية الجنس بأنه مجموعة من الافراد تناسلت وتحدرت من أبوين مشتركين فتشابه اولادها ، وتنتقل الصفات الارثية المميزة للجنس من جيل الى جيل .

نظرية ثبات الجنس : قبل العالمان (كوفيية ولينة) بثبات الجنس وباستقلال الاجناس بعضها عن البعض فقال العالم لينة أنه يوجد على وجه الارض عدد من الاجناس مساو للعدد خلق عليه منذ بدء التكوين ، فيكون هكذا كل جنس خلقاً وحده لا يتبدل ولا يتغير خلال الاجيال ! ثم تأثر العالم كوفية بالتجدد المستمر الطارىء على الاجناس وبالتحسن التدريجي البادي على افراد الجنس الواحد خلال العصور الجيولوجية فوضع نظرية الثورة الارضية ، وتقول هذه النظرية بحدوث اعصار في نهاية كل عصر من العصور الجيولوجية يفني الكائنات الحية الموجودة في منطقة ما من سطح الكرة وبتجدد الحياة بعـد ذلك في هذه المنطقة إما بهجرة حيوانات من المناطق الاخرى اليها او بظهور خلق جديد فيهـا . وهكذا اعتقد اوريني بتولي سبعة وعشرين عصراً جيولوجياً يوافق كل عصر منها تجدداً في أجنـاس الحيوانات . ولا تستند نظرية ثبات الجنس الى أي برهـان علمي قاطع فان الثورات الارضية ما وجدت ابداً (إلا طوفان نوح الذي حفظت فيه مع ذلك سائر الانواع الحيوانية والنباتية) ويمكن القول فقط أن تأثير الحادثات الجيولوجية تأثير بطيء تدريجي مستمر .

التبدل : أسس نظرية التحول لامارك وجوفروي وسانت هيلر وداروين وتسمى ايضاً نظرية التحول (التطور) وتعاكس هذه النظرية ثبات الجنس فتقبل بتباين الاجناس وبتحول الاجناس التدريجي تحولاً من نوع الى نوع بالتوالد . وقد بينت الملاحظات العديدة وجود أنواع متوسطة بين جنسين مختلفين بصورة تصبح معها نظرية ثبات الجنس التي عرفها كوفية قليلة الوضوح فيكون الجنس اذاً قضية نسبية .

الخلاصة : يعتقد أنصار نظرية التطور بالحادثتين التاليتين :

١ً — الاجناس ليست أزلية إنما ينشأ بعضها من بعض .

٢ً — الحيوانات والنباتات تتبدل على مرور العصور وأن الحالة الحالية التي توجد عليها هذه الكائنات الحية هي نتيجة لتطور طويل المدة .

براهين نظرية التطور : أثبت وجود التطور بامثلة مستخرجة من دراسة المستحاثات دراسة التشريح المقارن وعلم تكون الجنين ومن التوزع الجغرافي للمخلوقات الحية وسندرس فيما يلي الامثلة المستخرجة من علم المستحاثات .

الامثلة المستخرجة من علم المستحاثات

تمكن هذا العلم من تحقيق نظرية التطور في الحيوان والنبات بفضل الاشكال الانتقالية المتوالية التي تبين وجودها المستحاثات . ومن الثابت توالي الحيوانات والنباتات بزمر وصفية تميز كل زمرة منها عنصراً خاصاً . ولنذكر منذ الآن أن النموذج الابسط من كل زمرة الاقدم وأن النموذج الاعقد هو الاحدث : مثلا ظهرت الحشرات المتطورة أو ذات التطور التام بعد ظهور الحشرات ذات التطور الناقص التي ظهرت بعد ظهور الحشرات عديمة التطور . كما ظهرت الزواحف قبل الطيور والثدييات وظهرت الخيول ذات الاصابع الاربع قبل الخيول ذات الاصبع الواحدة والخ . كما ظهرت النباتات خفية الالقاح قبل ظاهرة الالقاح ، وظهرت عارية البزور منها قبل محفوظة البذور ، ولا يمكن لنظرية الخلق المتوالي أن تعلل هذا التدرج في الاختصاص والاكمال ، بينما تعلله بسهولة نظرية التطور التدريجي في الجنس الواحد . ولنذكر على ذلك بعض الامثلة من الفقريات : لانشاهد في الحقب الجيولوجي الاول ، سوى فقريات دنيا هي الاسماك الغضروفية . ولم تظهر الاسماك العظيمة

إلا في الحقب الثاني ، كما تظهر في نهاية الحقب الاول الضفادع التي تعد أبسط الفقريات البرية وهي التي تكون حلقة الاتصال بين الفقريات المائية والبرية ، واخيراً تنشأ في نهاية الحقب الجيولوجي الاول فئة الزواحف .

ظهور الطيور وتطورها :— ظهرت طلائع الطيور في أواسط الحقب الثاني واقدمها الجنح الاثري وهو بحجم الحمام وفي نهاية كل من طرفيه الاماميين أربع اصابع مجهزة بمخالب . والاصابع حرة وعليها جناحان كجناحي الديك ، أما الطرفان الخلفيان ففي نهاية كل منهما كما في الطيور أربع أصابع ، ثلاثة في الامام والرابعة في الخلف. والفكان مجهزان باسنان مخروطية . ويمتد العمود الفقري الى الوراء مكوناً ذنباً طويلا . ويعتبر هذا الحيوان، باسنانه واصابعه الامامية الحرة مع مخالبها وذنبه الطويل ، من فئة الزواحف ؛ ويعتبر بشكل جسمه وريشه وطرفيه الخلفيين من الطيور . فهو يمثل نموذجاً متوسطاً بين الزواحف والطيور واصلة من الزواحف .

وفي أواخر الحقب الثاني ظهرت طيور حقيقية في فكوكها اسنان نذكر منها الطائر ايكتيورنيس وهو طائر له حجم الحمام قادر على الطيران ، والطائر اسبرونيس وهو طائر مائي ارتفاعه متر .

والطيور في الحقب الثالث كثيرة فقدت اسنانها واصبح لها ما للطيور من صفات .

ظهور الثدييات وتطورها : ظهرت الحيوانات الثديية في الحقب الثاني ولم يكن منها سوى الكيسية والتي يحتمل ان تكون منحدرة من زواحف الزمن الترياسي التي كانت لها قواطع وانياب واضراس أي ثلاثة أنواع من الاسنان كما هو الامر في الثدييات .



شكل (٩٣) الجنح الاثري

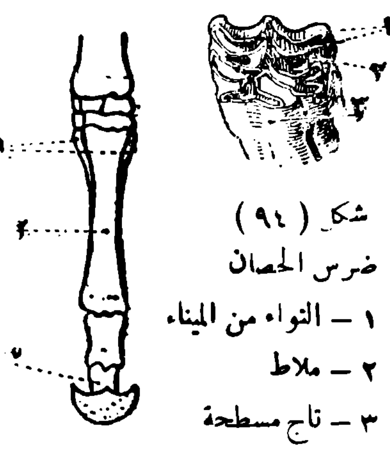
ويعتبر الحقب الثالث عصر الثدييات اذ فيه نمت وكثرت ، وافضل مثال بارز على نموها هو نمو الحصان .

اجداد الحصان ـ لقد ظهر الحصان في آخر الحقب الثالث (بليوسين) ومن المعلوم ان للحصان الحالي اصبعا واحدة مؤلفة من ثلاث سلاميات الاخيرة منها بشكل حافر وفوق الاصبع عظم ضخم يدعى الوظيف ، وعلى جانبه برزتان عظميتان (إبرتان) وللحصان في كل فك (١٢) ضرساً كبيرة ، وللتاج فيها التواآت صلبة من الميناء .

وفي أوائل الحقب الثالث (إيوسين) ظهر الحصان المعروف باسم فناقودوس وهو بحجم الضأن تنتهي كل رجل فيه بخمس اصابع مجهزة بحوافر صغيرة غير أن الاصبع الوسطى اكثرها نمواً . وبعد ذلك بقليل ظهر الحصان المسمى هيراقوتريوم . وهو بحجم الذئب وليس له سوى أربع أصابع في كل من قوائمه فتكون الاصبع الاولى قد انقرضت .

ثم ظهر الحصان اوروهيبوس وهو بحجم الثعلب وله ثلاث اصابع مع برزة بشكل الابرة ثم ظهر بعده الميزوهيبوس بثلاث اصابع في كل من قوائمه ثم الميوهيبوس وكلاهما بقامة الضأن وفي اواسط الحقب الثالث (ميوسين) ظهر البروتوهيبوس وله ثلاث اصابع اكبرها وأقواها الاصبع الوسطي أما الاصبعان الجانبيان فلا تمسان الارض . وأخيراً ثم ظهر الحصان في آخر الحقب الثالث(بليوسن)ولم يبق له من الاصابع إلا الاصبع الوسطى .

وقد شوهدت هذه السلسلة من التحولات في نمو الحصان ، في اميركا ، أما في أوربا فقد وجدت السلسلة ناقصة بدون الفناقودس والهيراقوتريوم فظهرت على الشكل التالي :



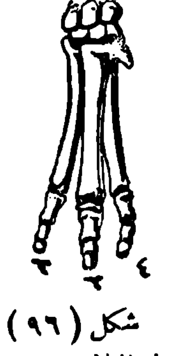
شكل (٩٤)
ضرس الحصان
١ ـ النواء من الميناء
٢ ـ ملاط
٣ ـ تاج مسطحة

شكل (٩٥) طرف الحصان
١ ـ الابرتان الجانبيتان (المشطان ٢، ٤)
٢ ـ الوظيف (المشط ٣)
٣ ـ الاصبع الثالثة

ظهر الباليو تيريوم في أوائل الحقب الثالث وكشفه كوفيه في (مونمارتر) وله ثلاث اصابع مجهزة بحوافر ومستندة الى الارض .

وظهر الانكيتريوم في اواسط الحقب الثالث وهو قريب جداً من الميزوهيبوس

ثم ظهر الهيباريون في أواخر الحقب الثالث وهو مماثل للبروتوهيبوس .



شكل (٩٦)
طرف الباليو تيريوم الامامي



شكل (٩٧)
طرف الهيباريون الامامي

المستحاثات النباتية

الحقب الاول : لم نصادف في الحقب الاول إلا بعض انطباعات لنباتات اشنية . وفي الدور الفحمي حيث كان الاقليم حاراً رطباً ومتساوياً ، انتشرت النباتات الفحمية التي جرفت المياه انقاضها وكونت منها الفحم الحجري (بتحللها بتأثير الجراثيم بمعزل عن الهواء) ونذكر من هذه النباتات من خفيات الالقاح :

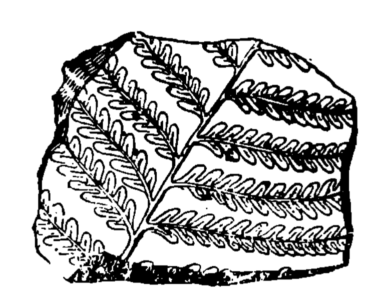
١ — السرخس والليبيدودندرون والسجللير وهي اشجار ضخمة عالية جداً لها سوق ترابية وجذور وجذوع عليها ندبات . ومنها الكالاميت التي يبلغ ارتفاعها ٣٠ متراً وسوقها مجوفة ومخططة .

٢ — السراخس ذات البزور كالنباتات المعروفة باسم نوروبتيريس وبيكوبتريس وهي كالسراخس إلا انهم وجدوا على بعض أوراقها اكياساً طلعية وعلى البعض الآخر بيبضات وبزوراً ، وهي نباتات دنيا تعتبر وسطاً بين خفيات اللواقح وباديأتها .

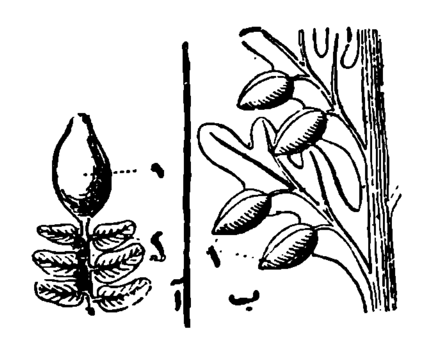
٣ — عريانات البذور : ومنها النباتات المعروفة باسم كوردئيت وهي اشجار كبيرة بعلو ٢٠ ٥٠ متراً . والصنوبريات .

الخلاصة : لا يحتوي الحقب الاول إلا على خفيات لواقح وعائية وعريانات بذورو سراخس ذات بذور ولم تكن فيه مستورات بذور فقط .

الحقب الثاني : اختفت في القسم الاول من العصر الثاني النباتات الفحمية ونمت عريانات البذور نمواً كبيراً . ثم ظهرت مستورات البذور ذات الفلقة الواحدة (كالنخيل) وذات الفلقتين (البلوط ، والزان ، والتين) .



شكل (٩٨)
انطباع نبات سرخس على صخر



شكل (٩٩)
أ — نوروبتريس ب — بيكوبتريس

وفي القسم الثاني من العصر الثاني تغلبت مستورات البزور وعرفت منها مجموعات البلاد الحارة كالنخيل والغار ومعظم النباتات الحالية (الدلب ، الزان ، الغار الخ) .

الحقب الثالث : ان نباتات هذا الحقب مماثلة للنباتات الحالية بيد ان توزيعها يختلف عن توزيع النباتات الحالية ، ففي اوائل الحقب الثالث كان لاوربا اقليم افريقي وكانت الحرارة الوسطى فيها ٢٥° وكان النخيل يبلغ البلاد الانكليزية . وفي أواسط الحقب الثالث برد الاقليم وهبطت الحرارة الوسطى الى ١٩ واختلطت نباتات البلاد المعتدلة بانواع نباتات البلاد الحارة . وفي أواخر العصر الثالث اختفت نباتات البلاد الحارة من المناطق الاوربية .

الحقب الرابع : نباتاته هي النباتات الحالية .

الخلاصة : يقول (كه مز) ان علم المستحاثات يعطي ادلة قوية لاثبات نظرية التطور .

آلية التطور

تثبت الامثلة التي ذكرناها تبدل الاجناس ويعلل هـذا التبدل اليوم بثلاث نظريات : اللاماركية والداروينية والتبدلية .

اولاً ــ اللاماركية او نظرية ائتلاف الوسط : **كان يقول بوفون** وهو من علمـاء التاريخ الطبيعي في القرن السـابع عشر بنظرية ثبات الجنس ثم اخذ تدريجياً بمبدأ التبدل الذي يطرأ على الاجناس بحسب الوسط الذي تعيش فيه . ثم تلاه العالم لامارك فوضع لاول مرة التبدل التدريجي البطيء الذي يطرأ على الاجناس بتأثير الوسط الخارجي ، وقد هاجم في كتابه المعروف بفلسفة الحيوان الذي كتبه في عام ١٨٠٩ نظريات العالم كوفييه ووضع نص القانونين التاليين :

١ ــ **فانون التلاؤم او الائتلاف :** وفيه يقول لامارك : في كل حيوان لما يكتمل نموه بعد ، يفضي استعمال عضو من الاعضاء اكثر من غيره استعمالاً مستمراً الى نمو العضو وتقويته بينما يضمر العضو القليل الاستعمال ويضعف حتى يزول في النهاية ، وهكذا تنمو الاعضاء او تضمر بحسب الوسط الذي يعيش فيه الحيوان وبحسب طراز هـذه المعيشة ، فينشط العضو العامل ويتكامل ويضمر العضو الذي لم تعـد حاجة لاستعماله وهذا مايدعى التلاؤم أو الائتلاف .

٢ ــ **قانون توراث الصفات المكتسبة :** ان التبدلات الحادثة في الاجناس بنتيجة القانون السابق تنتقل بالارث الى الانسال وتتكامل فيهم . وهكذا يعتبر لامارك ان ظهور الاجناس الجديدة معلق بالبيئة والوراثة التي تنقل الى الانسال التبدلات التي احدثتها البيئة في الارومة الاصلية (المثال تبدل قوائم الحصان في الحيوانات وتبدل شكل الاوراق في سهم الماء) . بيد انه إذا كان تأثير الوسط أو البيئة في الكائن الحي امراً لاشك فيه فان اثبات

انتقال الصفات المكتسبة بالارث الى الانسال امراً لم يستطع بيانه تجريبيا بصورة حاسمة حتى الآن إلا في بعض الحالات القليلة . ويعزى هذا العجز الى قصر مدة التجارب بالنسبة الى طول الاحقاب الجيولوجية التي حدثت في خلالها تبدلات الاجناس .

ثانياً – نظرية الانتقال الطبيعي : وهي نظرية وضعها العالم الانكليزي داروين الذي نشر كتاباً سماه «نشأ الاجناس» استند فيه في تقليل واختلاف الانواع والاجناس على النتائج التي حصل عليها بعض مربي الحيوانات الانكليزية من التخليط بين الاجناس المختارة من الحيوانات . فقد اختار هؤلاء حيوانات ذات صفة معينة وجعلوها تتلاقح . فحصلوا بعد عدة انسال على حيوانات تحتوي اكثر فاكثر على الصفة المعينة بصورة بارزة . وقد سميت هذة الطريقة طريقة الانتقاء الاصطناعي .

وقد اعتقد داروين أن الطبيعة تقوم بمثل هذا الانتقاء من تلاقح اجناس برية فتنشأ بذلك اجناس جديدة ويعزو السبب في حدوث الانتقاء الى تنازع البقاء وبقاء الاصلح . فعلى رأيه تناضل الحيوانات ، وهي كثيرة على سطح الارض ، من أجل بقائها ، فهي تفتش عن الغذاء والمسكن وتدافع عن نفسها ضد اعدائها وضد تبدلات البيئة من برد وحر ورطوبة وجفاف والخ . فاذا طرأت تبدلات عارضة على بعض الافراد الحيوانية منها فجعلتها أرقى وأقوى من غيرها فأن هذه الافراد تقوى وتتغلب على الحيوانات التي بقيت ضعيفة وهكذا يعيش الاقوى والاقدر ويزول الاضعف الذي لم يتمكن من التطور وهذا مايسمى الانتقاء الطبيعي . وان الصفات المفيدة تنتقل من نسل الى آخر بالوراثة حتى تصبح صفاتا متغلبة بها النوع الذي يعتبر حينئذ نوعاً جديداً اقدر على العيش .

ان هذه النظرية لا يمكن ان تعلل اختفاء بعض الصفات التي لاشأن لها بالنضال وظهور بدل منها ، كما أن تبدل الصفات تدريجي و بطيء جداً فلا تكفي الصفة حين ظهورها في نوع لاعطاء هذا النوع قدرة تمكنه من التغلب على الانواع الاخرى لذلك فان داروين نفسه أقر في اخريات ايامه بتأثير البيئة في تبدل الصفات . فاذا كان الانتقاء الطبيعي يقوي الصفة المفيدة ويذهب بالصفة غير نافعة فانه يقوم بجعل الافراد اكثر تلاؤماً مع محيطهم .

ثالثاً – النظرية التبدلية او نظرية التحولات المفاجأة : لوحظت الى جانب التبدلات

التدريجية التي تحدث بتأثير البيئة والوسط وبالانتقاء الطبيعي ، تبدلات مفاجأة متقطعة تحدث دفعة واحدة وتصبح مباشرة وراثية وقد سميت هذه التحولات التبدلات المفاجأة وقد درس هذه التبدلات لاول مرة العالم الهولاندي هو غودوفري الذي لاحظ اثناء زرعه ألوفاً متعددة من نبات خاص أن عدداً محدوداً جداً من هذه الافراد كان يتصف بصفات تختلف عن صفات الافراد الاخرى وتجعله جنساً مستقلا ، وقد ، انتقلت هذه الصفات التي ظهرت فجأة بالارث من نسل الى آخر . (وليلاحظ بالطبع ان منشأ النبتات المزوعة كلها كان واحداً) فوجد دوفري نفسه هكذا امام جنس جديد ظهر فجأة بدون تدريج .

وقد درست هذه التبدلات المفاجأة في الحيوانات ايضاً خاصة في الذبابة المعروفة باسم ذبابة الفواكه (الدروزوفيل) فلوحظ ظهور ذبابة الفواكه (الدروزفيـل) ذبابة من جنس جديد في كل عشرة آلاف ذبابة تولدها .

وقد عزيت هذه التبدلات الى حادثات تحدث في داخل البيضة نفسها ولا شأن للبيئة في احداثها وان كانت هذه تساعد على الاكثار من نسبة حدوث هذه التبدلات احياناً .

ومهما يكن من أمر فان حدوث هذه التبدلات المفاجأة أمر له شأنه الكبير في تعليل ظهور الاجناس الجديدة .

الخلاصة : يستنتج مما سبق ان مسألة التطور مسألة معقدة تشترك في تعليلها النظريات الثلاث السابقة الذكر على قدم المساواة .



فهرس

	صفحة
الدوران — الدم	١٥٢
تخثر الدم	١٦٠
الدارة الدموية	١٦٤
النبات والتغذي	١٦٦
امتصاص الاغذية ودورانها	١٦٩
النتح والانفضاج	١٧٢
تغذي النباتات المجردة من اليخضور	١٧٥
الصباغات النباتية	١٧٥
التركيب الضوئي	١٧٧
التغذية الآزوتية	١٩٠
التنفس والاختمار في النباتات	١٩٣
التنفس في الانسان	٢٠١
اختلالات التنفس	٢٠٨
الحرارة الحيوانية	٢١٢
ابراز الفضلات	٢١٦
الحركة واجهزتها وانواعها	٢٢٥
المفاصل	٢٢٥
الجهاز العضلي	٢٢٧
الجهاز العصبي	٢٣٢
الجلد وحاسة اللمس	٢٥٢
العين والرؤية	٢٥٨
التكاثر في الكائنات الحية	٢٧٠

صفحة



هدفنا في التربية والتعليم

- بناء جيل عربي واعٍ مستنير ...
- يؤمن بالله وبالوطن العربي ،
- ويثق بنفسه وأمته ،
- ويتمسك بمبادئ الحق والخير ،
- ويستهدف المثل العليا في السلوك الفردي والاجتماعي ،
- ويملك إرادة النضال المشترك وأسباب القوة والعمل الإيجابي متسلحاً بالعلم والخلق ،

لتثبيت مكانة الأمة العربية المجيدة
وتأمين حقها في الحرية والأمن والحياة الكريمة